علوم الفيزياء التطبيقية والهندسة الميكانيكية
فى التراث والحضارة الإسلامية
أسس العلم الحديث

الأستاذ الدكتور
خالد حربى
جامعة الإسكندرية

الطبعة الأولى
2018م

الناشر
دار الوفاء لدنيا الطباعة والنشر الإسكندرية
تليفاكس: 0025404480



علوم الفيزياء التطبيقية والهندسة الميكانيكية
فى التراث والحضارة الإسلامية
اسس العلم الحديث

الأستاذ الدكتور
خالد حربى

الطبعة الأولى 2018- الإسكندرية
دار الوفاء لدنيا الطباعة والنشر

176 ص ؛ 16 x 24 سم

رقم الإيداع : 2017/8087

ISBN:978 -977-735-652-7





www.facebook.com/dwdpress
www.instagram.com/darelwafaa
www.twitter.com/darelwafaa
www.daralwafaa.net

مقدمة

الحمد لله الذى علم الانسان ما لم يعلم، والصلاة والسلام على مُعلم البشرية سبل الهداية الربانية، وعلى آله وصحبه والتابعين..

أما بعد :

فُتعد علوم الفيزياء والهندسة الميكانيكية من العلوم التى راجت فى العصر الإسلامى، وازدهرت مثل بقية علوم الحضارة الإسلامية إبان نهضة الأمة الإسلامية العلمية. فاهتم العلماء بعلوم الفيزياء والهندسة الميكانيكية اهتماماً بالغاً تفجر لديهم أولاً من دعوة القرآن الكريم إلى التفكر فى الكون والتدبر بآياته الفيزيائية التى بثها أحسن الخالقين فيه.. ومن أعظم معجزات القرآن الفيزيائية قوله تبارك وتعالى: ".. ومن يُرِد أن يُضِلَهُ يَجعل صَدرَهُ ضَيِّقاً حرجاً كَأنَّماَ يَصعدُ فى السَمَاء.." (الأنعام 125). فمن المعلوم أن غاز الأكسجين الضرورى للتنفس يقل كلما ارتفع الانسان عن سطح الأرض، لذلك يشعر بالضيق كلما ازداد ارتفاعاً حتى يصل إلى الاختناق. ولم نعرف هذه الحقيقة العلمية إلا فى العصر الحديث عندما صعد الانسان طبقات الجو العليا.

فبتوجيه من القرآن الكريم انطلق علماء الحضارة الإسلامية إلى دراسة علوم الفيزياء والهندسة الميكانيكية، وكانت البداية بالإطلاع على تراث من سبقهم من الأمم، فتناولوه بالدرس والتمحيص والنقد حتى وصلوا إلى مرحلة الإبداع والابتكار.

فلقد وجد علماء الحضارة الإسلامية أن أرسطو فى الحضارة اليونانية قد اتخذ منهجاً فى الفيزياء يسود فيه التأمل الخالص. وقد بلغ التبجيل لحجة أرسطو حداً جعل تأثيرها محبطاً للفكر الإبداعى، وظل تحرير الفكر

العلمى من القيود الأرسطية هدفاً صعب المنال للعلماء على مدار مئات عديدة من السنين، ومع ذلك- كما يقول علماء الغرب- كان هناك فى العالم الإسلامى عدد من العلماء والعظماء الذين أخذوا بالإسلوب العلمى وحققوا بعملهم هذا نتائج بالغة الأهمية فى مجال البحوث الفيزيائية، وذلك باستخدامهم المنهج العلمى التجريبى القائم على الملاحظة والتجربة، والذي كانوا يقرنون بمقتضاه الدراسة النظرية بالتجريب، فلا يعتمدوا النظريات العلمية مالم تثبتها التجارب العملية، فكل علم صناعي لا يتحقق بالعمل فهو متردد بين الصحة والخلل.

وإذا كان علماء الحضارة الإسلامية قد ساهموا فى تدشين المنهج التجريبى فى مجال العلوم الطبيعية، وطبقوه فى الطب والصيدلة والكيمياء، وانتهوا من تطبيقه إلى نتائج واكتشافات علمية غير مسبوقة، فإنهم قد التزموا هذا المنهج أيضاً فى علوم الفيزياء والهندسة الميكانيكية، ووصلوا أيضاً إلى نتائج وابتكارات علمية لم يسبقهم إليها أحد. فقد تعرفوا على الموضوعات التى كانت تشكل عادة مادة الفيزياء الكلاسيكية هى: الكهربية والمغناطيسية والحرارة، والصوت، والبصريات، وميكانيكا الجوامد والموائع. ودرسوا الكهربية والمغناطيسية، والحرارة والصوت والضوء، وتحققوا من أن سرعة الضوء تفوق كثيراً سرعة الصوت. و اكتشفوا قوانين الحركة التى تتأسس عليها كل علوم الفيزياء، والمنسوية إلى نيوتن. ووصفوا وركبوا الآلات والأجهزة البارعة التى تميزت عمن قبلهم بخاصية التحكم الذاتي Automatic controls وأستخداموا فى إبتكار وتصميم أجهزتهم مبادئ علم سكون السوائل والموائع ومبدأ توازن الضغوط، والصمامات المخروطية وأعمدة المرافق التى تعمل بصورة آلية، وسبقوا بذلك

أول وصف لعمود المرافق فى أوربا بخمسمائة عام.

وشغلت مسألة الوزن بكافة مناحيه أهتمام وأبحاث العلماء المسلمين، ودوّنوا تجاربهم لحساب الوزن النوعى للعناصر والمعادن والسوائل، وتكاد قياساتهم لا تختلف عن مثيلتها الحديثة إلا فى بعض النسب العشرية البسيطة. وناقشوا مسألة تعيين كميتى فلزين فى سبيكة منهما، وعرضوا لتاريخ علم السكون أى الاستاتيكا Statics ، وعلم توازن الموانع وضغطها، أى الهيدروستاتيكا Hydrostatics.واكتشفوا ظاهرة الضغط الجوى قبل أن يدعى ايفانجليستا تورشيللى الإيطالى اكتشافها بخمسمائة سنة! فلقد ادركوا أن للهواء وزنا، واثبتوا أن له قوة رافعة كالسوائل، واخترعوا ميزانا عجيبا لوزن الأجسام فى الهواء وفى الماء، والذى يمثل، فى نظر الغربيين، ذروة انجازات المسلمين فى هذا الفرع من الفيزياء التطبيقية. واخترعوا آلة لقياس الوزن النوعى للسوائل، واستخرجوا الأوزان النوعية لكثير من السوائل والمعادن. واخترع العلماء المسلمون آلات ميكانيكية ذاتية الحركة عُدت هى الأهم فى تاريخ التقنية، لتضمنها عناصرعدة مهمة، لعل أعظمها دلالة استخدامهم لسلاسل تروس معقدة، ومنها التروس القطاعية التى تمتد أهميتها إلى اليوم. واخترع العلماء المسلمون وصمموا المضخة ذات الأسطوانتين المتقابلتين وهى تقابل حاليا المضخات الماصة والكابسة، واخترعوا العمود المرفقى crank shaft ، وأول الساعات الميكانيكية التى تعمل بالماء والأثقال وبنظام تنبيه ذاتي، وآلات رفع الماء، وصب المعادن فى صناديق القوالب المغلقة باستخدام الرمل الأخضر، وتغليف الخشب لمنع التوائه، والموازنة الاستاتيكية للعجلات، واستخدام النماذج الورقية لتمثيل التصميمات الهندسية.واخترعوا لأول مرة فى تاريخ الفيزياء الدولاب المسنن،

ولم يستخدم هذا النوع من المسننات في أوربا إلا فى القرن الرابع عشر الميلادى. ومن الدولاب المسنن توصل العلماء المسلمون إلى اكتشاف قوة الدفع التي تتولد عن الحركة الدائرية، فوضعوا النظرية الفيزيائية الأهم القائلة "إن الحركة الدائرية يمكنها أن تولد قوة دافعة إلى الأمام". وقادتهم نظريتهم تلك إلى اكتشاف عمود الكامات Camshaft وهو العمود الذي يدور بضغط مكابس المحرك فتتولد قوة دافعة إلى الامام كما يحدث في الضاغطات والمحركات الحديثة. واستخدم العلماء المسلمون لأول مرة في تاريخ الهندسة الميكانيكية آلية المرفق والكتلة المنزلقة Scotchgoke Mechanism التي تحول الحركة الدورانية إلى حركة ترددية خطية.

إلى غير ذلك من الاختراعات والابتكارات والاكتشافات التى دشنها العلماء المسلمون فى مجال الفيزياء التطبيقية والهندسة الميكانيكية فى الحضارة الإسلامية.وفي كيفية الوصول إلى تلك الإنجازات العلمية الإسلامية وتبسيطها يأتى هذا الكتاب.

الله أسأل أن يُنتفع بعملى هذا، وهو تعالى من ورآء القصد، وعليه التكلان، وإليه المرجع والمآب.

الفصل الأول
الفيزياء الكلاسيكية

الفصل الأول
الفيزياء الكلاسيكية

اتخذ أرسطو فى الفيزياء منهجاً يسود فيه التأمل الخالص وأهل دور الملاحظة وقد بلغ التبجيل لحجة أرسطو حداً جعل تأثيرها محبطا للفكر الإبداعى، وظل تحرير الفكر العلمى من القيود الأرسطية هدفاً صعب المنال للعلماء طوال مئات عديدة من السنين. ومع ذلك كان فى العالم الإسلامى عدد من العلماء العظماء الذين أخذوا بالاسلوب العملى، وحققوا بعلمهم هذا نتائج بالغة الأهمية فى مجال البحوث الفيزيائية كما يقول دونالدهيل.

وكانت الموضوعات التى تشكل عادة مادة الفيزياء الكلاسيكية هى: الكهربية والمغناطيسية والحرارة، والصوت، والبصريات، وميكانيكا الجوامد والموائع.

أما الكهربية والمغناطيسية، فكان معلوماً فى عصر ازدهار العلوم الإسلامية أن تدليك الكهرمان والمسك يُحدث شحنة كهربية. وقد تعارف العلماء على صدع فى صخرة بجبل آمد من العراق، إذا احتك بهذا الصدع قطعة حديدية كالسكين أو السيف عدة مرات، فإنها تصير ممغنطة تلتقط الأجسام الحديدية الأخرى. ومن المرجح أن العلماء المسلمين، وخاصة الجغرافيين كتبوا فى الظواهر المغناطيسية، لكن البحث عن مثل هذه الكتابات مازال مستمراً.

أما الإبرة المغناطيسية الطليقة التى تطبق فى بوصلة السفينة، فإن المصادر العربية تؤكد يقيناً، وكذلك شهادات غربية، أن البحارة المسلمين استخدموها منذ وقت مبكر من القرن السادس الهجرى/الثانى عشر الميلادى. فإذا كان بعض الباحثين الغربيين ينسبون اختراع البوصلة إلى

الصينيين، فهناك من يرد عليهم من الباحثين الغربيين أيضا، أولئك الذين اطلعوا على مصادر المسلمين فى التقنية ودرسوها، وانتهوا بانصاف إلى التقرير بسبق المسلمين فى اختراع البوصلة. فمن الراجح كثيرا - كما يقول ألدوميلى فى كتابه العلم عند العرب - أن هذا الاكتشاف تم فى العالم الاسلامى، وأن الصينيين والشعوب النصرانية من حوض البحر المتوسط أخذوه عن المسلمين. فالاوربيون - بحسب المؤرخ الفرنسى الشهير جوستاف لوبون - أخذوا هذا الاختراع المهم من المسلمين الذين كانوا وحدهم ذوى صلات بالصين. ومن خلال توصله إلى جملة من الحقائق العلمية فى المخطوطات والمصادر الاسلامية، انتهى مونتجمرى وات إلى التقرير بأنه يمكننا أن نثق إلى حد بعيد من أن المسلمين والأوربيين كانو يتبادلون معارفهم الفنية. ويرجع الفضل فى المراحل الأولى من اختراع البوصلة إلى المسلمين، وادخل الأوربيون التحسينات عليها فى المراحل التالية.

ودرست الحرارة فى الحضارة الإسلامية ضمن الدراسات المناخية والجغرافية والفلكية، وربما تكون قد دُرست كموضوع علمى كمى يتعلق بقياس درجتها، ولكن لم تظهر حتى الآن كتابات تؤيد ذلك.

أما الصوت، فقد بحث العلماء المسلمون فى منشئه وكيفية انتقاله، فكانوا أول من عرف أن الأصوات تنشأ عن حركة الأجسام المحدثة لها، وانتقالها فى الهواء على هيئة موجات تنتشر على شكل كروى. وهم أول من قسم الأصوات إلى أنواع، وعللوا سبب اختلافها عن الحيوانات باختلاف أعناقها وسعة حلاقيمها وتركيب حناجرها. وهم أول من علل صدى الصوت قائلين بانه يحدث عن انعكاس الهواء المتموج من مصادقة عالٍ كجبل أو

حائط، ويمكن أن لا يقع الحس بالإنعكاس لقرب المسافة، فلا يُحس بتفاوت زمانى الصوت وانعكاسه.

وقد وُجد فى بعض مؤلفات أبى الريحان البيرونى[1] ما يشير إلى أنه قد تحقق من أن سرعة الضوء تفوق كثيراً سرعة الصوت. ودُرس الصوت فى الحضارة الإسلامية وتركزت دراسته فى نظرية الموسيقى التى اتضحت فى مؤلفات فيلسوف العرب، وأول مؤلف موسيقى عربى، وهو الكندى[1] الذى كتب سبع مؤلفات موسيقية دوّن فيها تحديده لطبقة الصوت أو درجة النغم.

---

(1) محمد بن أحمد أبو الريحان الخوارزمى البيرونى، ولد سنة 362هـ- 973م بضاحية "كات" من أعمال خوارزم. شب البيرونى محباً للعلم والبحث، واستطاع قبل بلوغه العقد الثانى من عمره أن يجيد اللغات: العربية والسريانية اليونانية والفارسية، إلى جانب لغة خوارزم وفى فترة من حياته العلمية انتقل إلى الهند، وتعلم اللغة الهندية، ونقل إلى الهنود معارف المسلمين. تعلم البيرونى على أبى سهل المسيحى الفلك والرياضيات والطب، وتعلم على العالم عبد الصمد بن عبد الصمد، وكان عالماً رياضياتيا وفلكياً، وتعلم على أبى نصر على بن الجبلى الذى اشتهر بنبوغه فى الفلك وعلم حساب المثلثات، وكان من أفراد الأسرة الخوارزمية المالكة، علم البيرونى هندسة إقليدس، وفلك بطميوس، وأهله لدراسة الفلك بصورة أعمق، فأظهر فيه نبوغاً مبكراً يشير إلى ذلك استعماله حلقة مقسمة إلى أنصاف درجات لرصد الشمس الزوالى فى مسقط رأسه (كات) وتمكن من تعيين موقعها الجغرافى بالنسبة إلى خط العرض، ثم تمكن من رصد قلب الشمس الصيفى بحلقة جعل قطرها خمسة عشر ذراعاً . نبغ البيرونى فى الفلك والرياضيات والفيزياء والطب والصيدلة والجغرافيا، والفلسفة، وألف فى هذه العلوم مؤلفات كثيرة، من أهمها فى الفلك: كتاب الآثار الباقية عن القرون الخالية، وكتاب العمل بالإسطرلاب، وكتاب تحديد نهاية الأماكن لتصحيح مسافات المساكن. وكتاب القانون المسعودى، وكتاب تحقيق منازل القمر، وكتاب الآلات والعمل، وكتاب تحقيق ما للهند من مقولة مقبولة فى العقل أم مرذولة، ومقالة فى تحديد مكان البلد باستخدام خطوط الطول والعرض.

(1) أبو يوسف يعقوب بن اسحق الكندى، الملقب بـ " فيلسوف العرب " . ويلذ لأصحاب السير أن يذكروا نسبه الطويل حتى يصل الى يعرب بن قحطان ، وذلك ليؤكدوا انه من أصل عربى صريح لا شك فيه . وكان= =أبوه أميرا على الكوفة ، ولاه عليها الخليفة المهدى (158 - 169 هـ / 774 - 785 م) ثم هارون الرشيد (170 - 193 هـ / 786 - 808 م) ولا نعرف تاريخ ميلاده ، ولا تاريخ وفاته على وجه التحديد . ولهذا اختلف الباحثون فى تقدير وفاته . فجعله نيلينو حوالى سنة 260 هـ /873 م ، وما سينيون يحدده بسنة 246 / 860 م ، والشيخ مصطفى عبد الرازق بنهاية سنة 252هـ / 864 م . وربما كان أرجح الآراء ما ذكره نلينو وأيده بروكلمان وهو سنة 260 هـ / 873 م . وقد حظى الكندى بالشهرة فى عهد خلافة المأمون (198 - 218 هـ /813 - 833م) ،=

وللمعلم الثانى أبى نصر الفارابى [1] مؤلفا موسيقياً مهما عرض فيه لنظرية الموسيقى القياسية المحددة بفواصل زمنية Mensural music ـ واكتشف التوافق بين بُعدى الفاصلة الثالثة الصغيرة، والفاصلة الثالثة الكبيرة. ومما يدلل على تضلع الفارابى فى دراسة الصوت من الموسيقى ما يرويه ابن

=حتى أن المعتصم اتخذه معلما لابنه احمد ، وسيهدى الكندى الى أحمد هذا عدة رسائل ، ومن ثم يمكن أن نفترض أن الكندى ولد حوالى سنة 180 هـ / 796 م فى البصرة ، حيث كان لوالده ضياع ، كما يقول ابن نباته فى " سرج العيون " . ثم ذهب الى بغداد لإتمام دراسته الفلسفية والعلمية ويعترف الكندى أنه غشى أوساط المترجمين من اليونانية والسريانية الى العربية ، خصوصا يحيى بن البطريق ، وابن ناعمة الحمصى . ولما صار مرموق المكانة ، أصبح هدفاً للحاسدين ، وتآمر ضده محمد واحمد ابنا موسى بن شاكر لدى الخليفة المتوكل (232 - 247 هـ / 846 - 861 ن) ، فأمر المتوكل بضرب الكندي وسمح لابني شاكر بالأستيلاء على مكتبته . لكن ظروفا غير عادية مكنت الكندى من استردادها . أما عن مصنفات الكندى ، فقد الف الكندى عددا هائلا من الرسائل فى مختلف فروع علوم الأوائل : الفلسفة ، علم النفس ، الطب ، الهندسة ، الفلك ، الموسيقى ، التنجيم ، الجدل الديني ، السياسة . وقد أورد كل من ابن النديم والقفطى وابن أبى أصيبعة ثبتاً باسماء مؤلفاته ، وأقدمها " الفهرست " ويشتمل على 241 عنوانا ، وصنفه هكذا : أ - فى الفلسفة 22 عنوانا . ب- فى المنطق 20 عنوانا . ج- فى الكريات 8 . د - فى الموسيقى 7 . هـ فى علم العلوم 19 . و- فى الهندسة 23 . ز - فى الفلك 26 . ح - فى الطب 22 . ط - فى أحكام النجوم 10 . ى- فى الجدل 17 . ظ- فى علم النفس 5 . ع- فى السياسة 12. غ- الأحداثيات (العلل) 14 . ص - الأبعاديات (الأبعاد) 8 . ض- الأنواعيات (أنواع الأشياء) ومتنوعات متفرقة 33 . وقد وصلنا بعض هذه المؤلفات (راجع د . عبد الرحمن بدوى ، الكندى فيلسوف العرب ، فى موسوعة الحضارة العربية الإسلامية ، المؤسسة العربية للدراسات والنشر ، الطبعة الأولى بيروت 1987 ، الجزء الأول ، ص 155 - 159 .

[1] ولد أبو نصر محمد بن طرخان بن أوزلغ المعروف بالفارابى حوالى سنة 257 هـ / 870 م فى قرية وسيج بولاية فاراب من أعمال تركستان ، على ما يذكره معظم المؤرخين . والفارابي تركى الأصل ، إلا أن ابن أبى أصيبعة يذكر أن أباه فارسى الأصل تزوج من امرأة تركية ، وكان قائداً فى الجيش التركى . بدأ الفارابى طلب العلم منذ شبابه بالسفر والترحال فخرج من مسقط رأسه وتنقلت به الأسفار الى أن وصل الى بغداد واستقر بها مدة من الزمن مكباً على دراسة الحكمة. وإذ كان المؤرخون قد ذكروا لنا أساتذة الفارابى فى الفلسفة والمنطق ، واللغة فإنهم قد أحجموا عن عدم ذكر أي أستاذ للفارابى فى الطب والرياضيات والموسيقى ، ولم يوردوا أي إشارة تشير الى كيفية تعلم الفارابى لهذه العلوم ، مع أنهم ذكروا أنه كان رياضياً بارعاً ، وموسيقياً ماهرا وتوفى الفارابى سنة 339 هـ / 950 م .

خلكان[1] أن أبا نصر أن أبا نصر ورد على سيف الدولة ، وكان مجلسه مجمع الفضلاء فى جميع المعارف ، ولما تفوق الفارابى على جميع علماء المجلس ، قال له سيف الدولة : هل لك فى أن تأكل ؟ فقال لا ، فهل تشرب ، فقال لا ، فهل تسمع ؟ فقال نعم . فأمر سيف الدولة بإحضار القيان ، فحضر كل ماهر فى هذه الصناعة بأنواع الملاهى . فلم يحرك أحد منهم آلته إلا وعابه أبو نصر ، وقال له أخطأت . فقال سيف الدولة : وهل يحسن فى هذه الصناعة شيئاً ؟ فقال نعم ، ثم أخرج من وسطه خريطة ففتحها وأخرج منها عيدانا وركبها ، ثم لعب ، فضحك منها كل من كان فى المجلس ، ثم فكها ، وركبها تركيباً آخر ثم ضرب بها فبكى كل من كان فى المجلس ، ثم فكها وغير تركيبها وضرب بها ضربا آخر فنام كل من فى المجلس حتى البواب ، فتركهم نياما وخرج !.

ودرس الشيخ الرئيس ابن سينا[2] الصوت وعرّفه بأنه تموج الهواء ودفعه بقوة وسرعة من أى سبب كان، وذكر الوسط الذى تنتقل فيه الذبذبات

[1] ابن خلكان، وفيات الأعيان،155.

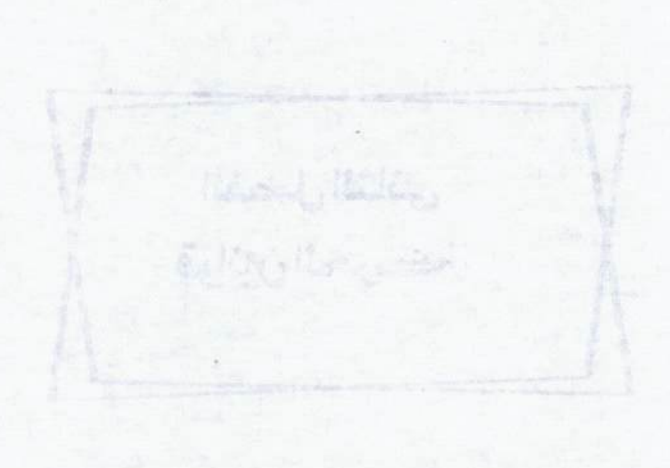
(2) أبو على حسين بن عبد الله المعروف بالشيخ الرئيس ، ولد عام 370 هـ فى قرية قرب بخارى. انتهض أبوه إلى تعليمه العلوم ، فتعلم الحساب والفقه والخلاف ، فأجاد ، ثم أخذ يتعلم المنطق والهندسة والهيئة ، فأبدى فى الاشتغال بها والنظر فيها قوة الفطرة، الأمر الذى دفعه إلى النظر فى العلم الطبيعى والإلهى، ثم انصرفت رغبته إلى قراءة الطب، فاستمر يقرأ ما يظفر به من كتبه حتى حصل منه بالرواية والنظر،و أتقن دراسة الطب فى سن السادسة عشر من عمره ،واشتغل بالتطبيق والعمل واستكشاف طرق المعالجة ، ولم يكن إلا قليل حتى بزر فيه وصار أستاذ المشتغلين به.وعلى الرغم من أن واقعه الاجتماعى ، وعمله السياسى كانا مضطربين، إلا أنه نجح فى مواصلة دراساته. فكان يكتب فى كل أسفاره ليلاً بعد انتهائه من عمله. وحتى فى السجن، حيث قادته الأحداث المضطربة إليه، لم يتوقف فيه عن الكتابة .وقد وصل الطب الإسلامى إلى أوج إزدهاره مع ابن سينا. ومع أنه كان طبيباً سريرياً أقل من الرازى، إلا أنه كان أكثر فلسفة ونظاماً ، فقد حاول أن يفسر التجمع الضخم لعلم الطب الذى أثراه أسلافه. ومع ذلك تعد الفلسفة ميدان ابن سينا الأول وقد حلت كتبه فيها محل كتب أرسطو عند فلاسفة الأجيال اللاحقة . ومن مؤلفاته فيها كتابه "الشفاء" الذى يعد دائرة معارف فلسفية ضخمة. وله=

الصوتية ووصفه بشيئ رطب سيّال إما ماء، وإما هواء، فتكون مع كل قرع وقلع حركة للهواء أو ما يجرى مجراه إما قليلاً قليلاً، وإما دفعة على سبيل تموج أو انجذاب بقوة وذكر ابن سينا سبب دورة الصوت وتموجاته واختلافه فى حدته، ورسم مخارج الأصوات فى الجهاز الصوتى وصفاتها وتغيرها بجسب احتكاك الهواء وقوته بعضلات الجهاز الصوتى.

وفى الجزء الموسيقى من كتاب الشفاء عُنى ابن سينا بالتركيب مع الثلاثى والرابعى، والتركيب مع الثمانى، فأحرز تفوقاً كبيراً على سلفيه الكندى والفارابى، وأحرز سبقاً وتقدماً عن معرفة الغرب بذلك، وخطى خطوات عظيمة نحو نظام الهارمونى.

= كتاب "النجاة" وكتاب الإشارات والتنبهات "وهو من أهم كتبه، إذ هو وسط بين "الشفاء" و "النجاة" ألفه فى آخر حياته، وكان ضنيناً به على من ليس مؤهلاً لفهمه، كما كان يوصى بصونه عن الجاهلين، ومن تعوزهم الفطنة والاستقامة.أما أهم مؤلفاته فى الطب فكتاب "القانون فى الطب" وهو من أهم موسوعات الطب العربى الإسلامى.

الفصل الثانى
قوانين الحركة



الفصل الثانى
قوانين الحركة

من الثابت أن كل علوم الفيزياء تتأسس على قوانين الحركة، فحركة الإلكترونات هى الكهرباء، وحركة الموجات الضوئية هى الصوت، وحركة الضوء هى المناظر أو البصريات، فتشغل قوانين الحركة أهمية بالغة فى كل علوم الالات المتحركة التى تقوم عليها الحضارة المعاصرة مثل السيارة والقطار والطائرة والصواريخ العابرة للقارات، بل وصواريخ الفضاء.

وظل العالم يظن أن مكتشف قوانين الحركة هو نيوتن الانجليزى، وهذا خطأ تاريخى فادح، إذ أن الفضل فى اكتشاف هذه القوانين يرجع إلى علماء الاسلام، وكل ما فعله نيوتن أنه أخذ موادهم العلمية وصاغها فى صورة رياضياتية، وهاك الأدلة:

اكتشف الشيخ الرئبس ابن سينا القانون الأول للحركة ودوّن منطوقه فى كتابه "الإشارات والتنبيهات" قائلا :إنك لتعلم أن الجسم إذا خُلى وطباعه، ولم يعرض له من خارج تأثير غريب، لم يكن له بد من موضع معين وشكل معين، فإن فى طباعه مبدأ استيجاب ذلك، وليست المعاوقة للجسم بما هو جسم، بل بمعنى فيه يطلب البقاء على حاله.

وهذا هو قانون الحركة الأول الذى تنطق به كل كتب الفيزياء فى العالم. وبعد ستة فرون من رحيل مكتشفه الأولى الشيخ الرئيس ابن سينا، يأتى اسحاق نيوتن ويأخذ هذا الكشف المهم ويضمنه كتابه " الأصول الرياضياتية للفلسفة الطبيعية" مصاغا هكذا: " كل جسم يستمر فى حالته من السكون أو الحركة المنتظمة فى خط مستقيم مالم يؤثر عليه مؤثر

خارجى ". وبهذا ادعى نيوتن اكتشاف قانون الحركة الأول، والحقيقة ان مكتشفه الأول هو الشيخ الرئيس ابن سينا قبل أن يولد نيوتن بستة قرون، وكتاب " الإشارات والتنبيهات " خير دليل على ذلك.

واكتشف العالم المسلم أوحد الزمان هبة الله بن ملكا البغدادى(480- 560هـ/1087- 1164م)[1] قانون الحركة الثانى الذى يعرف فى الفيزياء حاليا بقانون العجلة. ففى فصل الخلاء من كتابه الأشهب "المعتبر فى الحكمة" يدون ما توصل إلى اكتشافه قائلا: "تزداد السرعة عند اشتداد القوة، فكلما زادت قوة الدفع، زادت سرعة الجسم المتحرك وقصر الزمن لقطع المسافة المحددة ". وإنما الأجسام فى حركاتها بجر بعضها

---

(1) أوحد الزمان أبو البركات هبة الله بن على ملكا، البلدى لأن مولده ببلد، ثم أقام ببغداد، كان يهودياً وأسلم، وكان فى خدمة المستنجد بالله، وتصانيفه فى نهاية الجودة. وكان له اهتمام بالغ فى العلوم وفطرة فائقة فيها. وكان مبدأ تعلمه صناعة الطب أن أبا الحسن سعيد بن هبة الله بن الحسين كان من المشايخ المتميزين فى صناعة الطب، وكان له تلاميذ عدة يتناوبونه فى كل يوم للقراءة عليه، وكان أوحد الزمان يشتهى أن يجتمع به، وأن يتعلم منه، وثقل عليه بكل طريق، فلم يقدر على ذلك. فكان يتخادم للبواب الذى له، ويجلس فى دهليز الشيخ بحيث يسمع جميع ما يقرأ عليه، وما يجرى معه من البحث، وهو كلما سمع شيئاً تفهمه وتعقله عنده. فلما كان بعد مدة سنة أو نحوها، جرت مسألة عند الشيخ وبحثوا فيها فلم يجتمع لهم عنها جواب وبقوا متطلعين إلى حلها. فلما تحقق ذلك منهم أوحد الزمان، دخل وخدم الشيخ، وقال: يا سيدنا عن أمر مولانا أتكلم فى هذه المسألة ؟ فقال : قل إن كان عندك فيها شىء. فأجاب عنها بشىء من كلام جالينوس، وقال: يا سيدنا، هذا جرى فى اليوم الفلانى من الشهر الفلانى، فى ميعاد فلان، وعلق بخاطرى من ذلك اليوم. فبقى الشيخ متعجباً من ذكائه وحرصه، واستخبره عن الموضع الذى كان يجلس فيه، فأعلمه به. فقال : من يكون بهذه المثابة ما نستحل أن نمنعه من العلم ، وقربه من ذلك الوقت، وصار من أجل تلاميذه، حتى أشتهر، وصار (أوحد زمانه) فى صناعة الطب. ولأوحد الزمان من الكتب: كتاب المعتبر، وهو من أجل كتبه، وأشهرها فى الحكمة. مقالة فى سبب ظهور الكواكب ليلاً واختفائها نهاراً، ألفها للسلطان غياث الدين أبى شجاع محمد بن ملك شاة. اختصار التشريح، اختصره من كلام جالنيوس، ولخصه باوجزه عبارة. كتاب الأقراباذين، ثلاث مقالات. مقالة فى الدواء الذى ألفه المسمى برشعثا استقصى فيه صفته وشح أدويته. مقالة فى معجون آخر ألفه وسماه أمين الأرواح. رسالة فى العقل وماهيته (راجع، ابن ابى اصيبعة، عيون الأنباء فى طبقات الأطباء، ص 374-376بتصرف).

بعضا، ويدفع بعضها بعضا بالتجاور على التعاقب، ولا يفارق جسم جسما إلا بجسم يحصل بينهما ولا يتحرك جسم مالم يندفع ما فى وجهه وينجر ما خلفه من الأجسام، وأن الأكثف منها يجر الألطف الأرق ويدفعه ويحركه، ولا ينعكس الأمر[1].

أخذ نيوتن قانون أوحد الزمان هذا وادعى اكتشافه قائلا : "إن القوة اللازمة للحركة تتناسب طرديا مع كل من كتلة الجسم وتسارعه، وبالتالى فإنها تقاس كحاصل ضرب الكتلة فى التسارع بحيث يكون التسارع فى نفس اتجاه القوة وعلى خط ميلها ". وهذا ما يعرف فى تاريخ علم الفيزياء بقانون الحركة الثانى الذى ادعاه نيوتن زورا، فكتاب "المعتبر فى الحكمة" لهبة الله بن ملكا يثبت بما لا يدع مجالا للشك أنه أول من اكتشف هذا القانون الثانى من قوانين الحركة، ليس ذلك فحسب، بل هو أيضا أول من اكتشف القانون الثالث والأخير منها، وكذلك فعل نيوتن بما فعله بالقانون الثانى!

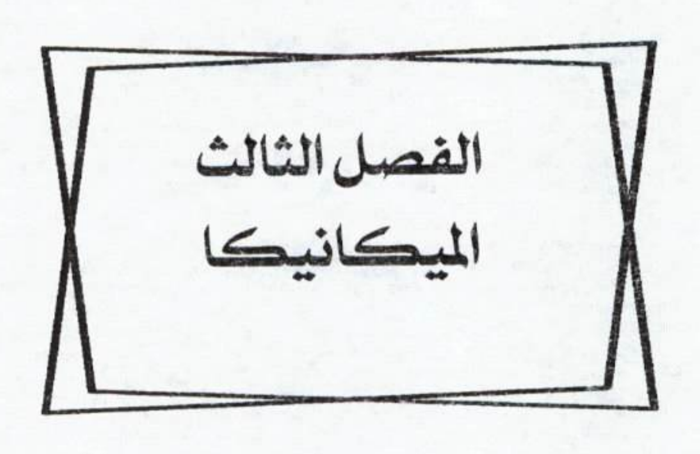
فلقداكتشف أوحد الزمان القانون الثالث والأخير من قوانين الحركة وعبر عنه باسلوبه فى كتابه " المعتبر فى الحكمة " قائلا : " إن الحلقة المتجاذبة بين المصارعين لكل واحد من المتجاذبين فى جذبها قوة مقاومة لقوة الآخر، وليس إذا غلب أحدهما فجذبها نحوه تكون قد خلت من قوة جذب الآخر، بل تلك القوة موجودة مقهورة، ولولاها لما احتاج الآخر إلى كل ذلك الجذب ".

أخذ نيوتن هذا القانون من مكتشفه أوحد الزمان أبى البركات هبة

---

(1) أوحد الزمان هبة الله بن ملكا، المعتبر فى الحكمة، طبعة دائرة المعارف العثمانية، حيدر أباد الدكن، الهند1358ه، الجزء الثانى:العلم الطبيعى، ص46.

الله بن ملكا، وادعى أنه أول من اكتشفه، وصاغه بالصورة التى عرفها العالم هكذا: " لكل فعل رد فعل مساو له فى المقدار ومضاد له فى الاتجاه".



الفصل الثالث
الميكانيكا

الفصل الثالث

الميكانيكا

علم الميكانيكا أو ما اسماه علماء الحضارة الاسلامية بعلم "الحيل" يعنى الحصول على الفعل الكبير من الجهد اليسير عن طريق احلال العقل محل العضلات، والآلة محل البدن. ويتفرع من هذا العلم فروع علمية أخرى كعلم هندسة الاشكال، وعلم هندسة المخروطات، وعلم هندسة المساحة، وعلم هندسة البصريات، تلك التى تشكل منظومة مميزة للتقنية والتكنولوجيا فى التراث، والحضارة الاسلامية.

ويعد ثابت بن قرة[1] تبعا للكرادى فو – أعظم هندسى عربى على الإطلاق[2] وهو الذى ترجم الكتب السبعة من أجزاء المخروطات فى كتب أبللوليوس الثمانية إلى العربية فحفظ لنا بذلك ثلاثة كتب من مخروطات

---

(1) ثابت بن قرة (221- 288هـ / 835- 900م) هو أبو الحسن ثابت بن قرة بن ثابت الحرانى الصابئ، كان صيرفيا بحران، استصحبه محمد بن موسى بن شاكر لما انصرف من بلد الروم لأنه رآه فصيحاً، فتعلم فى داره، ثم أوصله بالمعتضد، وأدخله فى جملة المنجمين. وكان ثابت حكيماً فى أجزاء علوم الحكمة، ولم يكن فى زمانه من يماثله فى صناعة الطب ولا فى غيره من جميع أجزاء الفلسفة، فكان له براعة فى المنطق والتنجيم والهيئة والحساب والهندسة. وذكر ابن جلجل أن له كتباً كثيرة فى هذه الفنون، ومنها كتاب مدخل إلى كتاب أقليدس عجيب، وهو – أى ثابت – من المتقدمين فى علمه جداً. ويؤيد ذلك ما ذكره الشهرزورى من أنه جرى عند ثابت ذكر فيثاغورث وأصحابه، وتعظيم العدد الذى لا يُفهم معناه، فقال: إن الرجل وشيعته أجل قدراً وأعظم شأناً من أن يقع لهم سهو أو خطأ فى معرفة الأمور العقلية، فيجوز أن يكونوا قد وقفوا من طبيعة العدد على أسرار لم تنته إلينا لانقراضها. وخلاصة القول فى ثابت أنه قد بلغ فى تحصيل العلوم شأناً عظيماً إلى الدرجة التى معها نال نبجيل وتوقير المعتضد له. وليس أدل على ذلك من أنه طاف معه فى بستان ويد الخليفة على يد ثابت، فانتزع يده بغتة من يد ثابت، ففزع الأخير، فقال الخليفة: يا ثابت أخطأت حين وضعت يدى على يدك وسهوت، فإن العلم يعلو ولا يُعلى عليه. وكان ثابت يجلس بحضرته ويجادله طويلاً ويقبل عليه دون وزرائه وخاصته.

(2) كارادى فو، الفلك والرياضيات، بحث ضمن تراث الإسلام، تأليف جمهرة من المستشرقين، تعريب وتعليق جرجيس فتح الله، ط الثانية، بيروت 1972، ص577.

أبللونيوس فقدت أصولها اليونانية وساعده بنوموسى فى ذلك، فقدموه إلى الخليفة المعتضد، فأكرم وفادته ... وكتب ثابت عدد من الرسائل فى الفلك والهندسة مبسطاً فيها ما غمض من الفكر والعبارات فى كتب الأقدمين مستنبطاً مسائل جديدة، فى الهندسة وعلم الحيل، والجذور الصم .

وكان ثابت بن قرة من مشاهير نقلة العلوم فى الإسلام فكان جيد النقل إلى العربية حسن العبارة قوى المعرفة باللغة السريانية وغيرها ويشهد على ذلك كثرة مصنفاته التى ورد ذكر أسمائها فى معظم كتب التراث التى أرخت له. فذكر له ابن جُلجل كتاباً واحدا هو "مدخل إلى كتاب إقليدس"، وذكر له ابن النديم أربعة شعر كتاباً ورسالة وعدد له القفطى مائة وخمسة عشر كتاباً ورسالة. بينما انفرد ابن أبى أصبعة بإيراد ثبت مطول لأعمال ثابت بن قرة يشتمل على مائة وسبعة وأربعين مصنفا وهذه المصنفات تشتمل على مؤلفاته الشخصية، وما قام بنقله من اليونانية والسريانية، وذلك فى فنون شتى مثل الطب والرياضيات والفلسفة والفلك والفيزياء.

ويُعد ثابت أحد العلماء الأوائل فى العالم الإسلامى الذين بحثوا فى الفيزياء، وضمّن بحوثه الفيزيائية عدة مؤلفات مهمة فى الاستاتيكا ونظرية العزوم، ومؤلف فى الميزان القبانى.

وتبدأ التقاليد العربية المدونة فى علم الحيل "المكانيكا" بكتاب "الحيل" لبنى موسى بن شاكر(محمد، احمد، الحسن) أبناء موسى بن شاكر[1]، هولاء الاخوة التى اجمعت المصادر التاريخية على أنهم نشأوا فى

(1) ينتمى الأخوة الثلاثة إلى أبيهم "موسى بن شاكر". ومن المستغرب أن يتحول قاطع طريق من حبه للمال الحرام إلى حبه للعلم، بل ويصبح عالماً مميزاً. ولكن هذا ما حدث مع موسى بن شاكر، حيث تذكر بعض المصادر التاريخية (ابن العبرى، تاريخ مختصر الدول، ص246، القفطى، الأخبار، ص208) أنه كان فى بداية حياته قاطعاً للطريق، مغيراً على القوافل بالليل فى جهات خراسان، ومتظاهراً بالإيمان والتقوى=

بيت الحكمة المأمونى فى جو مشبع بالعلم.

بحثت جماعة بنى موسى بن شاكر فى مجالات علمية عدة، أهمها الهندسة والفلك والجغرافيا ،الا أن أهم وأشهر عمل جماعى لجماعة بنى موسى، فهو "كتاب الحيل"، "مجلد واحد عجيب نادر يشتمل على كل غريبة"[1]. وبهذا الكتاب ارتبط اشتهار بنى موسى حتى يومنا هذا أكثر من أى كتاب آخر لهم. ولعل ذلك يرجع إلى أنه أول كتاب علمى عربى يبحث فى الميكانيكا، وذلك لاحتوائه على مائة تركيب ميكانيكى.

وترجع أهمية هذا الكتاب أيضاً إلى أن علم الميكانيكا العربية يبدأ به، ومن الطبيعى أنه كانت تتوفر لدى جماعة بنى موسى بعض الكتب اليونانية مما خلفه علماء مدرسة الإسكندرية. ولكن تأليف كتاب الحيل لبنى موسى بما يشتمل عليه من إبداع فى تصميم الوسائل الميكانيكية -

---

= وملازمة المسجد قبل وبعد غاراته مباشرة. ولكنه ما لبث أن تاب، ويقال على يد المأمون الذى قربه إلى بلاطه، واهتم بتهذيبه وتعليمه، حتى صار من منجميه وندمانه، وفى مقدمة علماء زمانه. فقد عُرف، بعد أن أتقن علوم الرياضيات والفلك، بالمنجم، واشتهر بأزياجه الفلكية. وبذلك يمثل المأمون السبب الرئيسى فى تكوين موسى بن شاكر العلمى. وهذه نقطة هامة ينبغى أن تؤخذ فى الاعتبار فى تناولنا لجماعة بنى موسى بن شاكر. فالمأمون الخليفة العالم قد حول مسار موسى بن شاكر تماماً، فجعله يقطع شوطاً كبيراً فى طريق العلم بدلاً من قطع طريق المارة. وهو الأمر الذى أراد موسى بن شاكر أن يربى عليه أولاده الثلاثة، ولكنه توفى وهم صغار، وكان قد عهد بهم إلى المأمون أيضاً. وبناء على ذلك يمكننا الزعم بأنه لولا المأمون – وكم له من أفضال على الحضارة العربية الإسلامية – لما كانت جماعة بنى موسى بن شاكر العلمية. فلقد تكفل المأمون بالصبية الصغار بعد وفاة أبيهم، وعهد بهم إلى إسحق بن إبراهيم المصبعى، فألحقهم إسحث ببيت الحكمة تحت إشراف الفلكى والمنجم المعروف يحيى بن أبى منصور. وكان المأمون أثناء أسفاره إلى بلاد الروم يُرسل الكتب إلى إسحق بأن يراعيهم ويوصيه بهم ويسأل عن أخبارهم. وقد أتاح وجود بنى موسى فى بيت الحكمة كبيئة عامية بحتة فرصة ممتازة وغير عادية لهم من أجل تثقيف أنفسهم وإبراز مواهبهم العلمية (انظر، بنو موسى بن شاكر، كتاب الحيل، تحيق د. أحمد يوسف الحسن، وآخرين، معهد التراث العلمى العربى 1981، مقدمة المحقق، ص 20). ولقد تعاون الأخوة الثلاثة فيما بينهم فى تحصيل العلم، فدرسوا سوياً علم الحيل (الميكانيكا)، والفلك، والرياضيات، والهندسة حتى برزوا واشتهروا فى هذه العلوم (صاعد الأندلس، طبقات الأمم، ص142).

(1) بنو موسى بن شاكر، كتاب الحيل، تحقيق د.أحمد يوسف الحسن، وآخرين، معهد التراث العلمى العربى 1981،مقدمة المحقق ص 20.

الهيدروليكية لم يكن ليتم بمجرد الإطلاع على الكتب اليونانية، إذ لابد من توفر المناخ السياسى والإجتماعى والثقافى والمهارة الدقيقة فى الصناعات والفنون حتى تتمكن الجماعة - وخاصة أحمد - من أن تخترع وتصمم بهذا الشكل. ومن المعلوم كذلك أن الآلات المائية ازدهرت فى سوريا طيلة القرون السابقة للإسلام، وكانت هناك تقاليد عريقة ومهارات صناعية وحرفية متوارثة فى هذه البلاد سرعان ما أصبحت جزءاً من الحضارة العربية الإسلامية. ومن هنا فإن المصادر التى مكّنت بنى موسى من تصميم هذه الأدوات والتجهيزات كانت عديدة، وكانت المصادر المكتوبة باليونانية واحداً منها.

وإذا كان بنو موسى قد دونوا فى كتابهم هذا كيفية تركيب مائة عمل ميكانيكى، فإننا نتسائل عن طبيعة النهج الذى انتهجوه فى تصميم آلاتهم تلك ووصفها، فهل قام كل منهم بتركيب عدد من الآلات منفرداً، ثم قاموا "بضم" أعمال الثلاثة فى كتاب واحد كتبوا على غلافه " كتاب الحيل، تصنيف بنى موسى بن شاكر "؟ أم أنهم عملوا كفريق عمل جماعى فى تركيب الآلات، وتصنيف الكتاب؟

الحقيقة أنه على الرغم من أن البعض ينسبون " كتاب الحيل " إلى المهندس أحمد بن موسى بن شاكر إستنادا إلى أنه كان تكنيكياً متحمساً، مهتماً بالميكانيكا أكثر من أخويه، إلا أننا لم نجد تركيباً واحداً من بين تركيبات الكتاب المائة، قام أحمد بوصفه منفرداً، بل الواضح الجلّى أن الكتاب ينطق من أوله إلى آخره بصيغة الجماعة، حيث يبدأ هكذا : قال محمد والحسن والحسين (أحمد) : الشكل الأول، نريد أن نبين كيف نعمل كأساً يصب فيه مقدار من الشراب أو الماء، فإن زيد عليه

زيادة بقدر مثقال من الشراب أو الماء خرج كل شيىء فيه. ونريد أن نبين كيف نعمل جرة لها بزال مفتوح، إذ صب فيها الماء لم يخرج من البزال شيىء، فإذا انقطع الصب خرج الماء من البزال، فإذا أُعيد الصب انقطع أيضا، وإن قطع الصب،خرج الماء. وهكذا لايزال [1]. و: نريد أن نبين كيف نعمل جرة لها بزال واحد، إن صُب فيها الشراب يخرج من البزال، وإن صب فيها الماء أو غيره من الرطوبات لم يخرج من البزال شيىء، وهذه حيلة عجيبة وفيها مواربة [2] و: نريد أن نبين كيف نعمل فوارتين يفور من أحدهما شبه القناة ومن الآخر شبه السوسنة مدة من الزمان، ثم يتبدلان فيخرج من التى كانت تفور قناة سوسنة، ومن التى كانت تفور سوسنة قناة مقدار ذلك من الزمان، ثم يتبدلان أيضاً مقدار ذلك من الزمان، ولايزال على هذا مادام الماء ملصقاً فيها.

وهكذا يتضح من النصوص المختارة من "كتاب الحيل" أنها صيغت صياغة جماعية، وهذه الصياغة تنطبق على كل تركيبات الكتاب المائة، فلم يتضمن الكتاب أى تركيب قد صاغ وصفه أحد أفراد الجماعة كأن يقال مثلاً : قال محمد بن موسى،أو قال أحمد بن موسى، أو قال الحسن بن موسى، فمثل هذه الصيغ ليست لها أى مكان فى "كتاب الحيل" تصنيف بنى (جماعة) موسى بن شاكر.

ومع الأهمية الكبيرة التى اكتسبها كتاب"الحيل"على مدار تاريخ العلم وحتى يومنا هذا،فإن هذه الأهمية ربما تسمح لنا بتقرير أهمية وقيمة العمل الجماعى،أو فريق العمل فى المجال العلمى.

---

(1) بنو موسى بن شاكر، كتاب الحيل، ص 9.
(2) بنو موسى بن شاكر،كتاب الحيل، ص 152.

وصف بنو موسى في كتابهم وركبوا مائة 100 آلة بارعة تميزت عمن قبلهم ومن تلاهم بخاصية التحكم الذاتي Automatic controls ويجدر بنا قبل التعرض بالدراسة لبعض هذه الآلات ان نعرض لبعض أشكالها فيما يلي:

- عمل كأس يصب فيه مقدار من الشراب أو الماء فإن زيد عليه زيادة بقدر مثقال من الشراب أو الماء خرج كل شئ فيه.

- عمل جرة لها بزال مفتوح وإذا صب فيها الماء لم يخرج من البزال شئ فإذا قطع الصب خرج الماء من البزال فإذا أعيد الصب انقطع أيضاً وإن قطع الصب خرج الماء وهكذا لا يزال.

- عمل حوض نصب فيه جرة من الماء فيشرب منها عشرون دابة أو أكثر ولا ينقص الماء من الحوض فإن قرب إليه ثور فشرب منه يفنى كل شيء في الحوض .

- عمل جرة لها بثيون مغلق نصب فيها ألوان من الرطوبات بمقدار من المقادير لكل واحد منها فإذا شئت اخرجت من الفثيون أى لون اردت.

- عمل سحارة إن أخذها الحاذق بعملها وغمسها في الماء واحب أن يكون إذا رفعها عن الماء تعمل مثل عمل السحارات ويجري من ثقبها الماء فعل ذلك، وإن أحب أن يكون إذا رفعها عن الماء لا يجري منها شيء فعل ذلك.

- عمل جرة نصب فيها الوان من موضع واحد لها بثيون مغلق فإذا فتح خرجت الألوان فيخرج اللون الاول ثم يتبعه الثاني ثم الثالث وكذلك لا يزال وإن كان البزال مفتوح فإنه إذا صب اللون الأخير ثم قطع تبتدئ الالوان تخرج كما ذكرنا وعلى الترتيب الذي وصفنا.

- عمل جام مركب على قاعدة يصب في القاعدة الشراب فإذا قطع الصب يبتدئ الشراب فيجري إلى الجام حتى يمتلئ الجام فإذا أخذ من الجام شيء من الشراب يرجع إليه مثله ويبقى على حال واحدة لا ينقص البتة.

- عمل جامين مركبين على قاعدة أو في رواق إذا صب في كل واحد منهما خمسة أرطال شراب يصير الجام الذي صب فيه أولاً الشراب إذا شرب منها وأغترف منها مقدار ما صب فيها ينفذ كل شيء فيها ويصير الجام التي صب فيها بآخره إذا أخذ منها لا تنقص أبداً وإن أخذ منها أضعاف ما صب فيها.

- عمل جام أو أجانة على قاعدة او بعض المواضع مثل الحمامات أو المتوضيات أو في مدينة أو حيث أحب الإنسان تكون مملوءة شراب أو ماء وفوقها تمثال فإذا شرب منها حتى ينفذ كل شئ فيها يبتدي التمثال فيصب في الفناء ماء.

- عمل فوارة مركبة في بعض المواضع يفور منها الماء مدة من الزمان كهيئة الترس ثم ينقطع ذلك ويفور مثل تلك المدة من الزمان كهيئة القناة، ثم يعود ايضاً فيفور منها الماء على مثال شكل الترس وكذلك لا تزال دهرها تتبدل.

- عمل فوارتين مركبتين في رواق أو في بعض المواضع بالقرب من بعض الانهار لا يزال إحدى الفوارتين يفور منها الماء كهيئة الترس ويفور من الاخرى كهيئة القناة فإذا مضت ساعة ابتدلتا فخرج من فوارة الترس مثل القناة وخرج من الذي كان يخرج مثل القناة مثل الترس، فإذا مضت ساعة أخرى عاد الامر كما كان اولاً وكذلك لا يزالان يتبدلان طوال الدهر.

- عمل فوارتيين من أحدهما شبه القناة ومن الأخرى شبه السوسنة مدة من الزمان ثم يتبدلان فيخرج من التي كانت تفور قناة سوسنة قناة مقدار ذلك

من الزمان ثم يتبدلان ايضاً مقدار ذلك من الزمان ولا يزال على هذا ما دام الماء ملصقاً فيها.

- عمل سراج يصب فيه الزيت فلا يزال أبدا مملوءا وكلما نقص منه شيء عاد إليه مثله ولا يزال الدهر كله مملوءا لا ينقص، ومن يراه يظن أن النار لا تاخذ من الزيت.

- عمل سراج يخرج الفتيلة لنفسه ويصب الزيت لنفسه وكل من يراه يظن أن النار لا تأكل من الزيت ولا من الفتيلة شيئاً بتة ويعرف هذا السراج بسراج الله.

- عمل آلة الآبار التي تقتل من ينزل فيها إذا استعملها الإنسان في أى بئر شاء فلا يقتله ولا يؤذيه.

- عمل آلة يخرج بها الإنسان من البحر الجوهر إذا سرحها ويخرج بها الاشياء التي تقع في الآبار وتغرق في الانهار والبحار.

أستخدم بنو موسى في إبتكار وتصميم أجهزتهم مبادئ علم سكون السوائل والموائع ومبدأ توازن الضغوط بصورة فريدة، ويظهر ذلك جليا في وصف بعض أجهزتهم فيما يلي:

الجهاز الرابع[1]

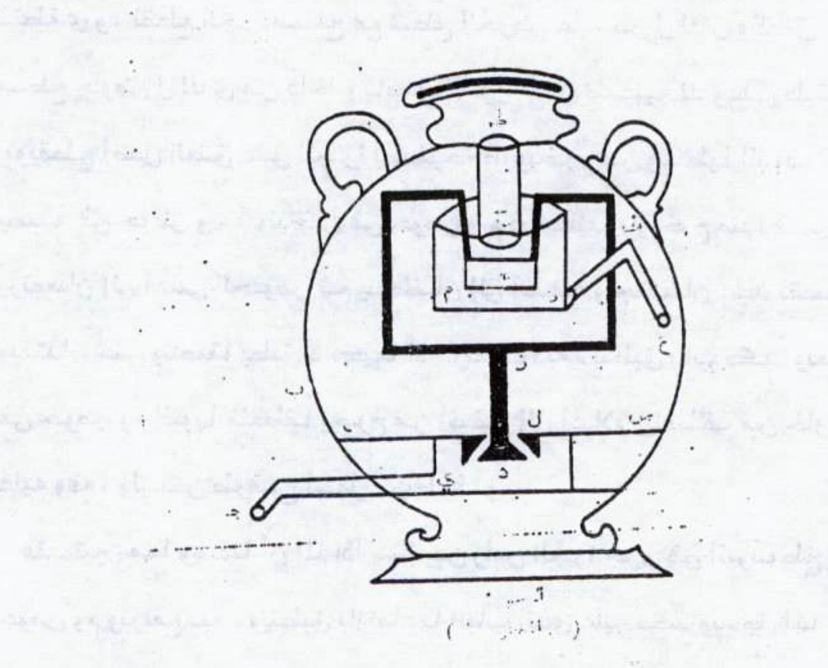
نريد أن نبين كيف نعمل جرة لها بزال مفتوح، وإذا صب فيها الماء لم يخرج من البزال شئ، فإذا قطع الصب خرج الماء من البزال، فإذا أعيد الصب انقطع ايضاً وإن قطع الصب خرج الما وهكذا لا يزال.

مثال ذلك جرة أ ب وفى اسفلها بزال جـ وتركب فى أسفل الجرة حوضاً صغيراً عليه ك ل ى ونلصقه بطرف بزال جـ الداخل فى الجرة عند نقطة ى و، نقطع الجرة بسطح مع سطح الحوض عليه ص ل ك ن ونلصق على سطح حوض ل ك ى من داخله باب مطحون مخروط عليه ك وعلى طبقة د ،ويقطع أصل العنق عنق الجرة بصفيحة ط ويخرج من وسطها انبوب ط ح يصب فى حوض و م، وليكن فى حوض و م دبة عليها ه ويخرج منها قضيبين يرتفعان إلى أعلى الحوض ثم ينعطفان إلى أسفله ويجتمعان عند نقطة ز ويمتدان حتى يتلصقا بطبق د كيما اذا ارتفعت دبة ه ينطبق باب كد. ونعمل فى حوض وم انبوبا منعطفاً يخرج من أسفله إلى أعلاه وينعطف من خارجه عليه وفع، وليكن طرف ع أسفل من طرف و.

فقد تبين مما وصفنا أن الما إذا صب من رأس الجرة جرى فى أنبوب طح إلى حوض وم وترتفع دبة ه وينطبق بارتفاعها الباب الذى عليه كد ويسيل الما من حوض وم على سطح ص ل ك ن فى الجرة ولا يخرج من باب كد شى لانه قد انطبق بارتفاع دبة ه. فإذا قطع الصب تفرغ حوض وم وتستقل دبه ه وينفتح باب كد ويخرج الما من بزال جـ. وهكذا لا يزال وذلك ما أردنا أن نبين وهذه صورة ذلك.

---

(1) بنو موسى بن شاكر، كتاب الحيل، ص 9-10.



الجهاز الرابع

الجهاز السابع [1]

نريد أن نعمل حوضاً نصب فيه جرة من الماء فيشرب منها عشرون دابة أو اكثر ولا ينقص الماء من الحوض، فان قرب إليه ثور فشرب منه يفنى كل شيء فى الحوض ولو قدم أول الدواب.

فنعمل لذلك بيتاً كبيراً عليه أ ب جـ ونحكمه حتى لا يدخله الهوا ، ، ونعمل فى أسفله من خارج البيت عند نقطة ج بابا مطحونا عليه ج يكون فتحه إلى أسفل كما عملنا فى الشكل الرابع، ونعمل حوض مقدر مغطا عليه ه و ويكون له عنق دقيق عليه ه ص. ويخرج من اعلا البيت الذى عليه أ ب جـ من نقطة أ انبوب ا د يدخل فى عنق ه ص ويكون أسفل من اصل العنق بقدر اصبع، ونعمل فى حوض ه و انبوباً واسعاً عليه زح ونلصقه باسفله ونخرج من أنبوب زح انبوباً دقيقاً ينعطف إلى اسفل عليه ح ط، ونجعل على طرف ط باباً مطحوناً ينفتح إلى داخل حوض ه و وليكن فتحه إلى فوق ونعمل فى داخل انبوب ز ح دبة عليها ى ويخرج منها قضيب يرتفع فوق رأس انبوب ح ز وينعطف إلى الباب الذى عليه ط فيلصق بطبقة ،ونعمل أيضاً فى حوض ه و انبوباً كالذى عملنا فى الكأس، على الدا خل ك ل وعلى الخارج م ن وليكن طرف ك من انبوب ك ل يخرج من حوض ه و ويصب فى حوض صغير عليه سع، وفى اسفل الحوض ثقب صغير عند ع. وليكن طرف انبوب ك ل الذى عليه ل أرفع من طرف انبوب ح ز الذى عليه ز، ونجعل أيضاً طرف ز أرفع من طرف انبوب أ د الذى عليه د ،ونعمل فى حوض عس دبه عليها ف ونخرج منها قضيباً يرتفع إلى طرف عنق ه ص ثم ينعطف إلى داخل العنق وينزل فى حوض ه و ونلصق طرفه على طبق باب جـ. ونعمل حوضاً عليه قر

---

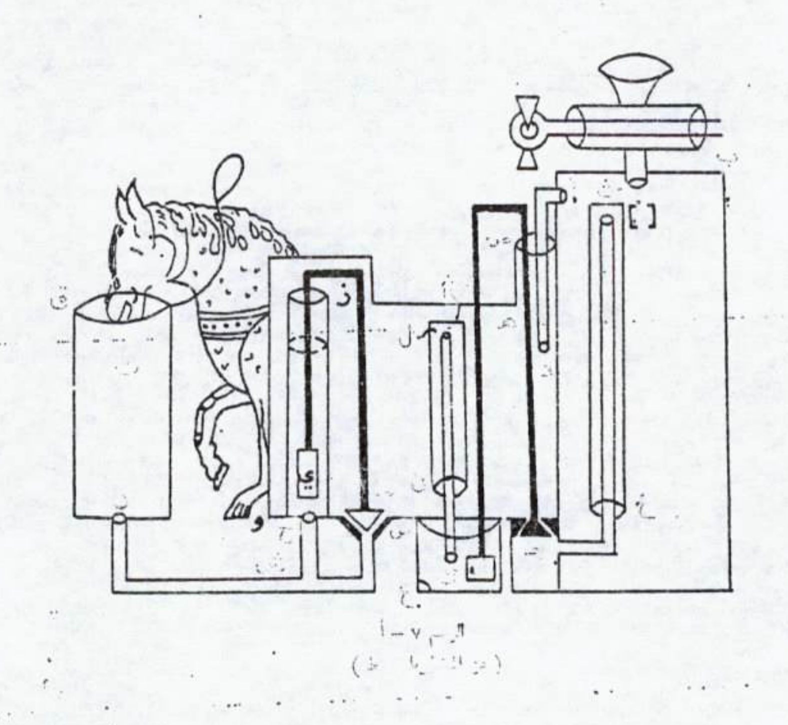
(1) بنو موسى بن شاكر، كتاب الحيل، ص 22-24.

يكون بقدر ما يدخل فيه فم الدابة ونجعل ارتفاع طرف ق مساوياً لارتفاع طرف ص من عنق ه ص و. نخرج من أسفل حوض قر من نقطة ر انبوباً إلى اسفل انبوب زح عليه رش. وتعمل فى بيت أ ب جـ انبوبى الكاس على الداخل ج ث وعلى الخارج ذخ ونجعل طرف ث فى أعلى البيت اسفل من نقطة ا وطرف جـ ملصق فى باب جـ.

فقد تبين مما وصفنا أن الماء إذا صب فى بيت أ ب جـ من البثيون الذى فى أعلى البيت وبلغ الماء نقطة ث فإنه يخرج فى انبوب ث جـ من باب جـ إلى حوض ه و، ثم نغلق البثيون الذى عليه ب حتى لا يدخل منه الهواء إلى البيت، فإذا بلغ الماء فى حوض ه و إلى طرف د من انبوب دا لا يخرج من بيت ا ب جـ شىء من الماء لأن الهوا الذى كان يخلفه من انبوب دا قد سده الماء.

فمتى صب فى حوض قر جرة ما خرج من انبوب رش الى انبوب ح ز وترتفع دبة ى وتفتح طبق الباب الذى عليه ط ويدخل الما من باب ط ويشترك مع الما الذى فى حوض ه و، فاذا قرب من حوض قر الدواب واحد بعد واحد فإنها تشرب والحوض لا ينقص ماؤه عن نقطة ت التى هى بارتفاع نقطة د من انبوب اد ويدخل الهواء إلى بيت أ ب جـ ويخرج منه الماء إلى حوض ه و فى باب ط إلى انبوب زح يمر فى انبوب رش ويرتفع فى حوض قر حتى يبلغ نقطة ت فلذلك لا ينقص الماء عن نقطة ت فى حوض قر، فمتى قدم إلى هذا الحوض ثور ليشرب فإن الماء يرتفع عن نقطة ت ويقارب طرف الحوض الذى عليه ق، لأن فم الثور عظيم وهو يغمسه فى الماء غمساً كثيراً وينفخ أيضاً فى الماء فلذلك يرتفع الماء إلى نقطة ق ويعلو أيضاً فى حوض ه و فوق نقطة ل ويأخذ انبوب ل ك الماء ويصبه فى حوض سع فترتفع دبة ف وتطبق باب جـ فلا يخرج من بيت أ ب جـ من الماء شىء، ويكون أنبوب ل ك يفرغ كل ما فى حوض هو

ويفنى أيضاً ما فى حوض قر وما فى انبوب ز ح، ثم بعد ذلك يفنى ما فى حوض عس وتنزل دبة ف وتفتح بنزولها باب جـ ويعود الأمر كما كان. فإذا صب جرة أخرى فى حوض قر فإن الماء يصير إلى نقطة ت فتشرب الدواب واحداً بعد آخر ولا ينقص الماء، فمتى شرب الثور يفنى الماء الذى فى حوض فر كما تبين. وذلك ما أردنا أن نبين وقد تبين أنه إن شربت منه ثلاثة دواب أو زيادة مرة واحدة يفنى ما فيه فاعلم ذلك. وهذه صورة ذلك.



الجهاز السابع

الجهاز التاسع عشر [1]

نريد ان نبين كيف نعمل جرة لها بثيون مغلق نصب فيها الوان من الرطوبات بمقدار من المقادير لكل واحد منها ، فاذا شئت أخرجت من الفثيون أى لون أردت.

مثال ذلك جرة ك ف ونلصق على رأسها صفيحة مفريلة عليها علامة ك، ونعمل تحت رأس الجرة ثلاثة أحواض يركب كل واحد منهما على الآخر وهى التى عليها جـ ب ا. وليكن حوض جـ أصغر من حوض ب وحوض ب أصغر من حوض أ ونعلق بعضها ببعض لكى لا يزول شيئاً منها. ونلصق الحوض الذى عليه أ وهو الاسفل بقضيب عليه ع ونلصق طرفه الآخر باسفل الجرة لكى يبقى على حاله. ونعمل على حوض جـ انبوباً مثل ذلك ويكون أطول من انبوب د أقل مما يسع حوض ب إلى طرف انبوب هـ، ونتخذ لذلك مكيالاً عليه أ ب جـ ليكون إذا صب فى الجرة بمكيال أ ب جـ ينصب الماء الى حوض أ. وليكن إذا صب فى الجرة مقدار من الرطوبة مبلغها فى المكيال إلى موضع ب ينصب الى حوض جـ ثم من حوض جـ الى حوض ب ويقف فى حوض ب لأن هذا المقدار يصير لا يبلغ الى طرف الانبوب الذى عليه.

وليكن المقدار الثالث الذى يصب فى الجرة إلى علامة أ من المكيال ويكون هذا المقدار إذا صب فى الجرة ينصب الى حوض جـ ويقف فى حوض جـ لأنه لا يبلغ الى طرف انبوب د. ونعمل فثيون عليه ص وليكن هذا الفثيون مما يخرج الواناً كثيرة ويعمل على هذا المثال الذى أصف وامثل، على أنه يمكن أن نعمل على ضروب كثيرة هذا البثيون.

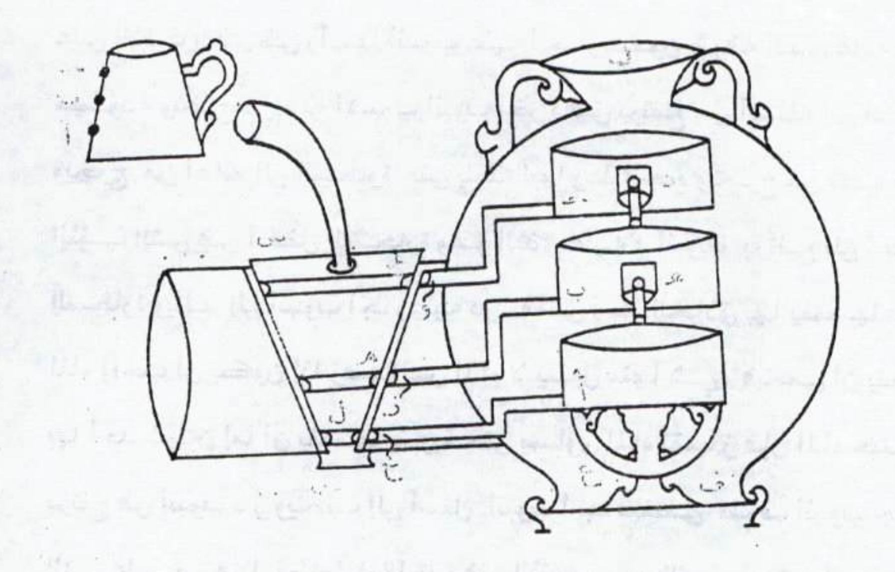
---

(1) بنو موسى بن شاكر، كتاب الحيل، ص 66-76.

وأما فى هذه الجرة فعمله على هذا المثال. وليكن عمود ص س هو الذكر من الفثيون وليكن فى عمود صس ثلاثة ثقب نافذة بعضها فوق بعض ولا تكون الثقب في سطح واحد ولا الثقب على خط واحد وعليها ل م ط ونثقب فى الأنثي ثلاثة ثقب فى خط واحد عليها ح ز و، وليكن فثيون صس اذا أدير يلقى ثقب ل ثقب ح وإذا أدير ايضاً يلقى ثقب م ثقب ز، وإذا أدير ايضاً يلقى ثقب ط ثقب و ولا يكون يلقى ثقبان من الذكر الذى عليه ص س ثقبين من الأنثى فى وقت واحد. ونخرج من ثقب ح ز و البلبلة ثلاثة أنابيب إلى أحواض أ ب جـ الثلاثة. فقد تبين انا إذا صببنا ثلاثة ألوان وكان اللون الأول ملأ مكيال أ ب جـ واللون الثانى إلى علامة ب من مكيال أ ب جـ واللون الثالث إلى علامة أ، فان الألوان الثلاثة تصير فى أحواض أ ب جـ الثلاثة. فإذا طلب منا لون من الألوان أدرنا الفثيون حتى نسدده اللون الذى يراد.

وقد تبين أنا ان أردنا أن نخرج لونين ممزوجين بمثل هذا التدبير فعلنا ذلك، وإن أرد نا بمثل هذا التدبير وذلك ما اردنا أن نعمل فى جرة واحدة عدة فثيونات نفعل هذا الفعل قدرنا على ذلك بمثل هذا التدبير. وذلك ما أردنا ان نبين.

وقد تبين أيضا أنا إن جعلنا ثقب طمل موازبة ما يله صار كل ثقب منها يخرج لونين. وقد يصلح هذا الفثيون للحمامات للماء الحار والبارد جميعا. وذلك ما أردنا أن نبين.وهذه صورة ذلك:



الجهاز التاسع عشر

الجهازالتاسع والعشرون [1]

صنعة سحارة إن أخذها الحاذق بعملها وغمسها فى الماء وأحب أن يكون اذا رفعها عن الماء تعمل مثل عمل السحارات، ويجرى من ثقبها الماء فعل ذلك، وإن أحب أن يكون اذا رفعها عن الماء لا يجرى منها شيء فعل ذلك.

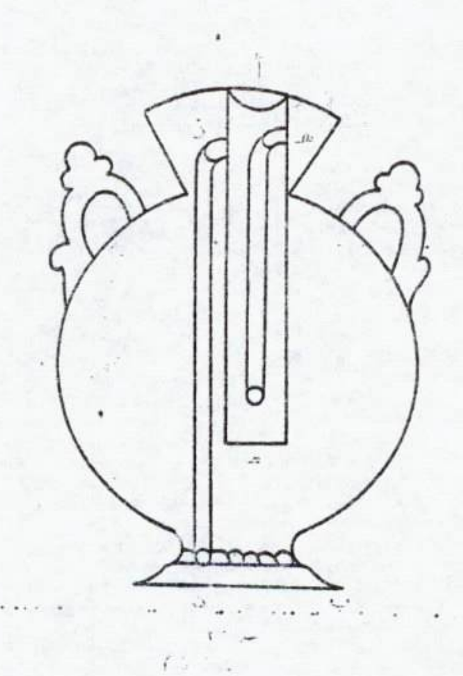
فنعمل لذلك مثال سحارة عليها أ ب وفى رأسها ثقب عليه أ وفى أسفلها ثقب عدة مثل ما يكون فى السحارات، ونلزق على الثقب الذى فى راسها ثقب عليه أ وفى اسفلها ثقب عدة مثل م أ يكون فى السحارات ونلزق على الثقب الذى فى رأسها أنبوب عليه أ جـ ويكون طرفه الذى عليه جـ مسدود، ونخرج فى هذا الانبوب انبوب آخر دقيق يرتفع من أسفله إلى أعلاه ويخرج من أعلاه إلى السحارة حتى ينفذ اليها وعليه جـ ه ونخرج من ثقب من الثقب التى فى أسفل السحارة وهو الذى عليه د أنبوبا يرتفع الى أعلا السحارة وينفذ إلى أنبوب أجـ وعليه دز، فمتى أخذ الحاذق بها يغمسها فى الماء وأحب أن يكون إذا رفعها عن الماء لا يسيل منها شي، فينبغى أن يفعل بها أحد شيئين إما أن يغمسها ضربة حتى يساوى الماء ثقب ز فإن الماء حينئذ يرتفع فى أنبوب د ز وينصب إلى أسفل أنبوب أ جـ فيغطى طرف أنبوب جـ ه الذى عليه جـ، فإذا غطاه الماء وارتفع فى الانبوب جـ ه فليس يمكن أن يدخل فى السحارة شيء من الماء لأنه ليس إلى خروج الهواء الذى فى السحارة سبيل لأن خروجه إ نما يكون فى أنبوب هـ جـ.

فإذا ترك الا نسان السحارة فى الماء ما أحب ثم رفعها فليس يخرج م منها شيء. على أنه إنما يكون فيها من الماء شي يسير، وإن غمسها أيضا قليل قليل حتى يمتلىء ويدخل الماء أيضا إلى أنبوب أ جـ ثم رفعها فليس يخرج

---

(1) بنو موسى بن شاكر، كتاب الحيل، ص 95-96.

منها شيء لأن طرف الأنبوب الذى يدخل منه الهواء الى السحارة قد تغطى بالماء ومنع الهواء من الدخول الى السحارة. وإذا أحب أن يغمسها فى الماء ولا يبلغ بها أن يساوى الماء موضع ز فإذا رفعها خرج منها الماء كما يخرج من السحارات. وقد تقع هذه فى باب الاختيار أيضا. وذلك ما أردنا ان نبين. وهذه صورة ذلك:



الجهاز التاسع والعشرون

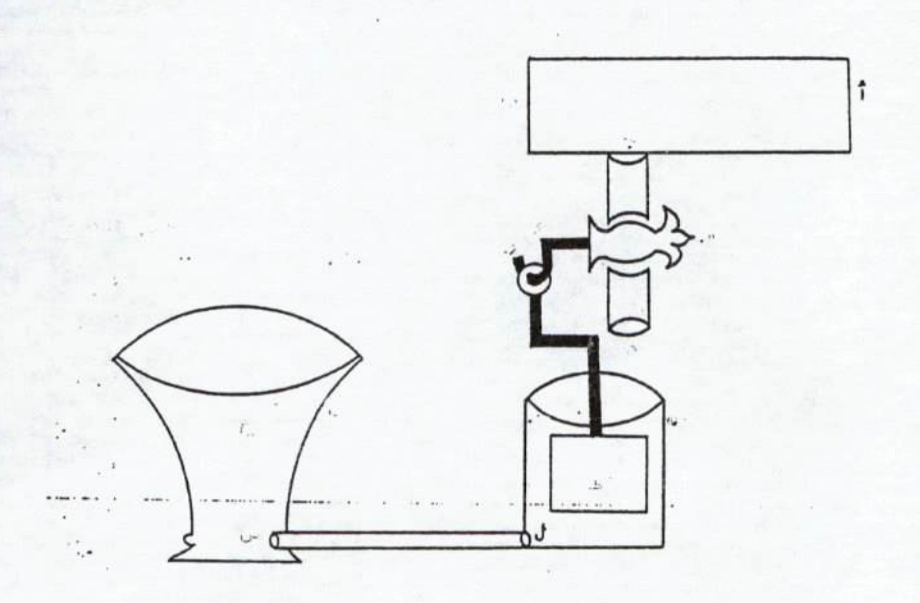
الجهاز الخامس والسبعون

نريد أن نبين كيف نعمل اجانة فى بعض المواضع بالقرب من بعض الأنهار تكون دهرها كله مملؤة ويغرف منها جميع الناس الماء ويشرب منها الدواب وهى أبدا على حال واحدة لا تزيد ولا تنقص.

ومثال ذلك نهر اب ويخرج منه انبوب إلى الموضع الذى نريد أن نركب فيه الاجانة وهو انبوب جدو ونركب على هذه الانبوب بثيون مطحون عليه ه و ونلصق على هذا البثيون على الذكر منه قضيب عليه و ز على مثال ما يتخذه الناسو وليكن الثقب الذى فى الذكر من الفثيون مع قضيب و ز فى سطح واحد لكى إذا ادير القضيب الذى عليه و ز ودار بدورانه الذكر من البثيون حتى يصير قضيب و ز مع انبوب جد فى سطح واحد يكون حينئذ البثيون مفت وح ويجرى الماء فى أنبوب جد ، ونركب تحت انبوب ج ذ حوضاً عليه م ليكون انبوب جد إذا جرى فيه الما ينصب إلى حوض م ،ونعمل فى حوض م دابة عليها ط، ونخرج من سطح الدبة الأعلى قضيب ملتزق بالدبة احد طرفيه وينتهى الطرف الآخر إلى قضيب وز ، ونعمل هذا الطرف حلقة وندخل قضيب و ز فى هذه الحلقة لكى إذا ارتفعت دبة ط من الماء الذى ينصب إلى حوض م يدور البثيون وينغلق ونجعل موضعه الذى ينغلق فيه إذا بلغ الماء من حوض م الى علامة ص ونركب الإجانة حيث شيئنا من المواضع وهى التى عليها ع ويصير رأسها مساوى لراس حوض م فى الارتفاع ورأس الاجانة عند علامة ف، ونخرج من اسفل الاجانة أو قريب من أسفلها من موضع علامة س انبوب الى حوض م على مثال ما صورنا عليه سل.

فقد تبين مما مثلنا أن دبة ط إذا كانت فى أسفل حوض م يكون البثيون مفتوح ويجرى الماء الى حوض مو ويجرى من حوض م إلى انبوب لس إلى الاجانة

اجانة ع والدابة ترتفع دائما ، فإذا بلغ الماء إلى علامتى ص ف ينغلق البثيون فلا يجرى منه شئ، فمتى غرف من اجانة ع شيء من الماء أو قرب إليها دواب تشرب منها ينقص الماء عن علامتى صف وتستقل دابة ط وينفتح البثيون ويجرى الى حوض م مثل الماء الذى أخذ وذهب من اجانة ع، وكذلك لا يزال الفعل. وذلك ما أردنا أن نبين. وهذه صورة ذلك.



الجهاز الخامس والسبعون

ويُعد استخدام بنى موسى للصمامات المخروطية وأعمدة المرافق التى تعمل بصورة آلية ذا أهمية كبيرة فى تاريخ التكنولوجيا بشكل عام، فقد استخدموا - كما يقول دونالد هيل - فى نموذجين الجهازين 85,80 نظاما شبيها بآلية عمود المرافق الحديث، وسبقوا بذلك أول وصف لعمود المرافق فى أوربا بخمسمائة عام.

الجهاز الثمانون

صنعة جام أو اجانة أو بعض الأواني مركب في رواق او عمل قاعدة وفوقها تمثال ولتكن فارغة فإذا صب فيها الشراب يصب التمثال الشراب وماء حتي يمتلىء أو يقارب ذلك، فإذا غرف منها شيء من الشراب الذي صب فيها، يصب التمثال من فمه مثل المقدار الذي غرف منها شراباً ممزوجا بماء، وإن أردنا أن نبين الشراب منفصل من الماء وكل واحد ينصب على حدته فعلنا ذلك.

وإن أردنا أن يجرى ممزوجاً ومن يراه يحسبه شرابا صرفاً فعلنا ذلك وإن أردنا أن يصب التمثال عندما نغرف من الجام الشراب احياناً ماء وحده وأحيانا شرابا وحده فعلنا ذلك.

وإن أردنا أيضاً أن نصير هذه الجام إذا ما شرب بها الحاذق بعملها نفذ جميع مافيها وإن لم يكن حاذق لا تزال ابداً مملؤة فعلنا ذلك، فنعمل لذلك خزانة كما عملنا قبل عليها بجقس ونقطعها بصحيفة ك ل ونعمل فوق الصفيحة حوضين عليهما ط ح ونثقب في أعلا الخزانة ثقباً عليه أ ونخرج منه قمعا عليه أ د منعطف الرأس، على مثال ما صورنا لكي إذا صب الشراب بقوة يجرى إلى حوض ط، وإذا صب الماء برفق يجري إلى حوض ح وليكن الجام عليها علامة صو ونركبها في الموضع الذي صورنا، ونعمل في أسفل الخزانة حوضا عليه علامة ف كما عملنا فيما تقدم ونصل مابين جام ص و وحوض ف بأنبوب عليه س ص ونعمل في حوض ف دبة عليها علامة ع ونلصق في أعلاها قضيباً علية ع ش وفي أعلا القضيب حلقة ملصقة عليها ش كما عملنا فيما تقدم، ونعمل مثالا لبعض الحيوان كما صورنا وعليه علامة ن، ونخرج من حوضي ط ح فثيونين عليهما ط ي ح ل ونصل الفثيون بأنبوبين

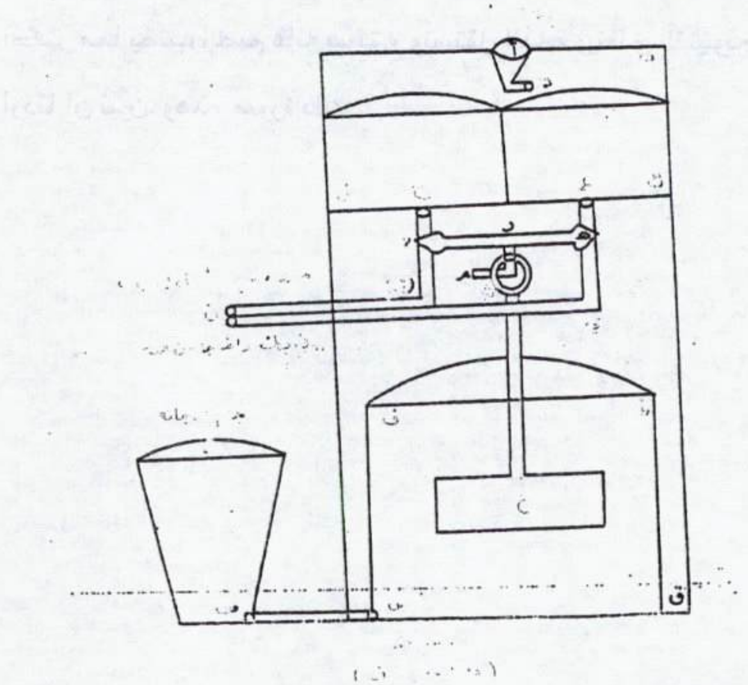
يدخلان في جوف الصم ويخرجان من فمه كما صورنا وعليهما ن ي ن ل، وعلى الذكرين علامتي و ه ونصل مابين الذكرين بقضيب نلصق طرفيه بالذكرين، ونخرج من وسط هذا القضيب أو قريبا من وسطه من موضع علامة ر قضيبا عليه ر م يقوم منه على زوايا قائمة، ويكون في طرفه الذي عليه م اعوجاج على مثال ما صورنا.

وندخل الطرف الذي عليه م في حلقة ش لكي إذا ارتفعت الدبة حملت الحلقة قضيب ر م وإدارته فيدور بدورانه الذكرين من الفثيونين وينفتح الفثيونين، فإذا انهت الدابة إلى موضع علامة ط التي هي بحذاء علامة و ينغلق أيضاً الفثيونين

فقد وضح مما وصفنا أنا إذا صببنا الشراب من ثقب أ بقوة يجري إلى حوض ط، فإذا صب الماء برفق يجري إلى حوض ح، فإذا صببنا من الشراب والماء في حوضي ط ح ما نريد ثم صب إنسان إذا شاء في جام ص و شراب فإن الشراب يجري من الجام إلى حوض ف وترتفع دبة ع فينفتح الفثيونين ويصب الصم الشراب أو الماء.

أما إذا أردنا ممزوجا فإنا نجمع بين طرفي أنبوبي ن ل ن ي إلى أنبوب واحد ونخرج ذلك الانبوب من فم الصم، فإذا أردنا ان نخرج الشراب والماء كل واحد معتزل عن صاحبه فإنا نغرق طرفي الانبوبين في موضع ن ونميلهما في جهتين مختلفتين فلا يزال الصم يصب حتى تبلغ الرطوبة إلى علامتي ط و وترتفع الدابة إلى العلامتين فعند ذلك ينغلق الفثيونين ولا يصب الصم شيئا. فمتى غرف من الجام شيء من الشراب استقلت الدبة فانفتح الفثيونين وصب الشراب والماء من فم الصم حتى يصب مثل المقدار الذي غرف من الجام وتعود الرطوبة إلى علامتي ط و.

فإن أردنا أن يكون الصم يصب أحيانا شرابا وأحيانا ماء فإنا نقدر القضيب الذي الصقنا بالذكرين تقديراً حتى يكون إذا صب في الجام في المبتدي شراب يبتدأ الصم فيصب أحيانا شرابا وأحيانا ماء، وكذلك إذا غرف ربما يصب الصم شرابا وربما يصب ماء، وإذا كان الذي يشرب من الجام حاذقاً فشرب بقدح كبير وبادر في الشراب حتى يكون ما يشرب أكثر مما يصب الصم فإنه يسبق، وتستقل الدابة وينغلق الفثيونين. وذلك ما أردنا أن نبين. وهذه صورة ذلك .



الجهاز الثمانون

الجهاز الخامس والثمانون

صنعة جامين على قاعدة أو في رواق فارغتين وعلى كل واحد منهما تمثال إذا صب في أحديهما ايهما كانت شراب، يصب التمثال في تلك الجام شراب، ويصب التمثال الآخر في الجام الأخرى ماء، وإن صب في الجام ماء يصب التمثال الآخر في الجام الأخرى شراب ويصب تمثال هذه الجام فيها ماء.

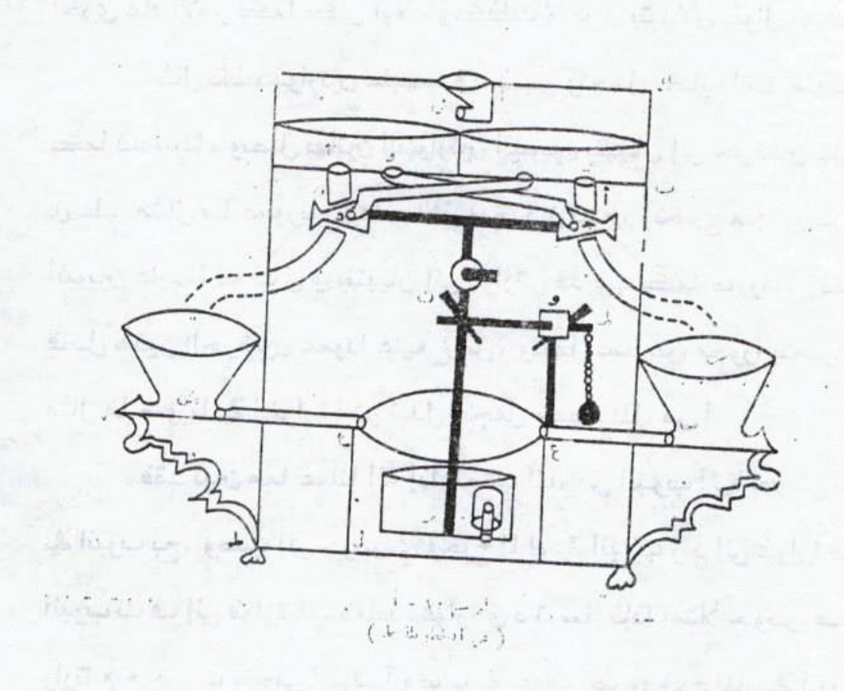
ومثال ذلك أنا نجعل اناء عليه كط، ونقطعه بصفيحة عليها تث، ونعمل فوق هذه الصفيحة حوضين عليهما بز ح و، ونثقب في أعلا خزانة ثث ثقبا عليه ع، ونعمل عليه انبوباً كما صورنا منعطف الطرف عليه عف كما عملنا قبل ونصب في هذا الأنبوب شراب وماء إلى حوضي بز ح و ،ونخرج من حوض بز انبوبي ز ص بد كما صورنا، وليكن طرف أنبوب ز ص الذي عليه ص فم التمثال كما صورنا، ونخرج من حوض ح وأنبوبي و جـ ح ق، وليكن طرف أنبوب ح ق الذي عليه ق هو فم التمثال، ونركب بثيونين في قضيب ينظمهما جميعاً ويديرهما بحركة واحدة كما صورنا وعليهما جا د هـ، ولتكن الأنثى التي عليها جا فيها ثقبين عليهما جا في سطح دائرة واحدة، وفي الذكر ثقب واحد، فإذا أدير الذكر فصادف ثقبه ثقب الأنثى الذي عليه أ الذي في أنبوب ز ص ينفتح حينئذ ويخرج منه الماء الذي يكون في حوض ز ب، وإذا أدير الذكر أيضا حتى يصادف ثقبه ثقب جـ الذي هو طرف أنبوب و جـ، وهو مركب في الأنثى يجري حينئذ الشراب الذي يكون في حوض و ح في أنبوب و جـ، ويخرج من فم التمثال الذي عليه ص، وندبر بثيون د هـ مثل هذا التدبير.

ثم نعمل تحت فم التمثالين جامين عليهما ش س كما صورنا ونخرج منهما أنبوبي شع سع كما صورنا، وليكن مصبهما إلى حوض ل وفي حوض

ل حوض يقوم مقام دابة عليه م ، ونخرج منه قضيب مك، ونعمل في حوض م أنبوباً مثل أنبوب كأس العدل كما صورنا ، ونخرج قضيب عليه كط وعند طرفه الذي عليه ط ثقل، وعند علامتي و ك منه محورين كما صورنا ،ونخرج من قضيب كط قضيب في طرفه حلقة تنظيم قضيب يدير البثيونين جميعاً كما صورنا.

فقد تبين أنا إذا صببنا الماء في جام ش برفق يرتفع حوض م ويجري الشراب في أنبوب و جـ إلى فم التمثال الذي عليه ص وينصب إلى جام س ويجري الماء في أنبوب به إلى فم التمثال الذي عليه ق وينصب إلى جام ش ،وإن صببنا الماء في جام ش بكثرة وقوة يجري حوض م ويثقله فيغرقه ويغوص خلاف ما عرض أولا ، فيجري الماء إلى جام س من أنبوب ز ص ويجري الشراب إلى جام ش من أنبوب ح ق.وكذلك يتبين أنا إذا صببنا الشراب أو الماء في جام س يعرض مثل ذلك.

وهو ما اردنا ان نبين، وينبغي أن نجعل في أسفل حوض م أنبوب مثل أنبوب كاس العدل يكون إذا امتلا ونزل يفرغ ما فيه من أنبوب كاس العدل إلى حوض ل، وبقى حوض م الذي هو مقام الدابة فارغاً. وذلك ما أردنا ان نبين وهذه صورة ذلك.



الجهاز الخامس والثمانون

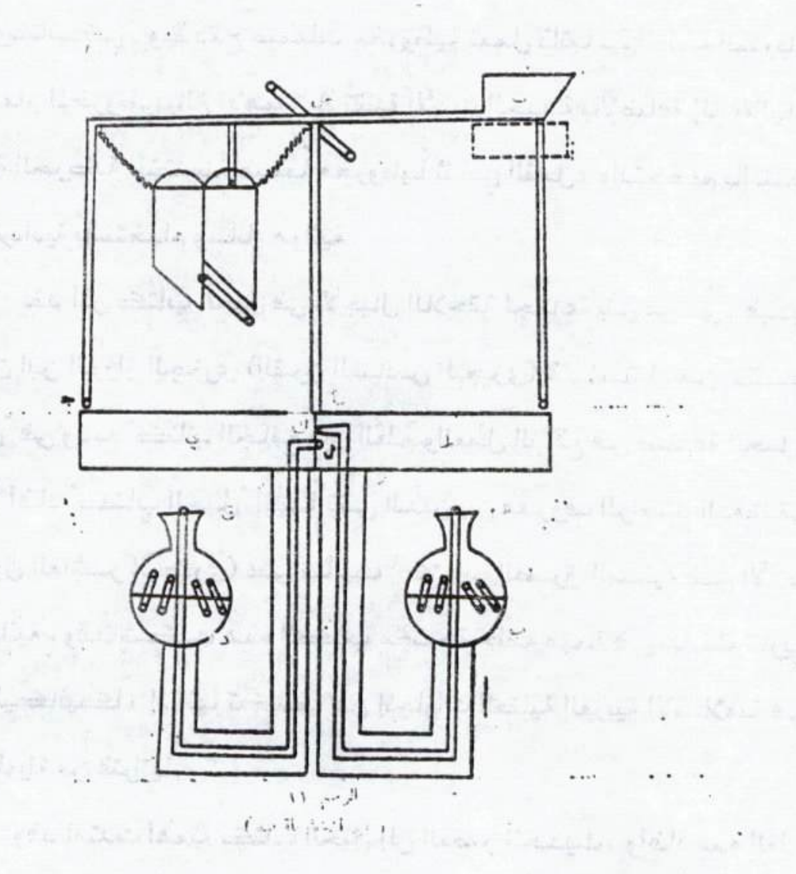
الجهازالواحد والتسعون

صنعة فوارتين مركبتين في رواق أو في بعض المواضع بالقرب من بعض الأنهار لا تزال إحدى الفوارتين يفور منها الماء كهيئة الترس ويفور من الأخرى كهيئة قناة، فإذا مضت ساعة ابتدلتا فخرج من فوارة الترس مثل القناة وخرج من الذي كان يخرج مثل القناة مثل الترس، فإذا مضت ساعة أخرى عاد الامر كما كان أولا، وكذلك لا يزال يتبدلان طوال الدهر.

مثال ذلك فوارتين عليهما قد فب، ونجعل كل واحد منهما ترسا كما قد تبينا، ونصل بهاتين الفوارتين أنبوبين ينهيان إلى حوضين عليهما ط ي على مثال ما صورنا، وعلى الأنبوبين د ز ب م، ونخرج من حوضي ط ي أنبوبين عليهما ك ف ل ق ينتهيان إلى فوارتي قد فب كما صورنا، ونقيم على فصل هذين الحوضين عمودا عليه ع ص، ونعمل عند ص محورا يتصل به على مثال ما صورنا في الفوارة التي تبذل ونجعل مصب الماء من أ.

فقد تبين مما عملنا أنه إذا انصب الماء من أنبوب أ في حوض ب جرى في انبوب بج، وصب إلى حوض ي وخرج الماء في أنبوب ز د إلى فوارة قدو وفي أنبوب ك ف إلى فوارة فب فعادت فوارة ق د ترسا. فإذا امتلأ حوض هـ استقل وارتفع حوض ب وتنحى أنبوب أ وصب في حوض ط ،وخرج الماء في أنبوبي ل ق م ف، ففارت فوارة ق د سوسنة، وفارت فوارة فب ترسا. وذلك ما أردنا أن نبين.

وقد يستقيم أن نعمل هذه الحيلة في الحمامات لا بتدال الماء الحار بالبارد والبارد بالحار، وفي الفثيون الواحد ايضاً. وذلك ما أردنا ان نبين.وهذه صورة ذلك:



الرسم ١١

الجهازالواحد والتسعون

يتضح من كل ماسبق أن آلات بني موسى تبرز بصورة واضحة[1]: نظام التحكم الذاتي Automatic Controls، فقد أظهروا مهارة فائقة في استخدام تغيرات بسيطة في الضغط الهيدروستاتيكي والضغط الايروستاتيكي، وفي دمج صممات مخروطية تعمل ذاتيا في أنظمة السريان. والصمام المخروطي بالغ الأهمية في تقنية الآلات الحديثة بالإضافة إلى الآليات ثنائية الحركة المتضمنة صمماً مخروطياً ثنائي الفعل، والتحكم بالتغذية الأسترادية بإستخدام وسائل هوائية.

لقد أثر كتاب الحيل فى الأجيال اللاحقة لجماعة بنى موسى، فبديع الزمان ابن الرزاز الجزرى (القرن السادس الهجرى) قد استفاد من "كتاب الحيل" فى وضع "كتاب الجامع بين العلم والعمل النافع فى صناعة الحيل". كما أفاد "كتاب الحيل" أيضاً تقى الدين بن معروف الراصد الدمشقى (القرن العاشر الهجرى) فى تأليف "كتاب الطرق السنية فى الآلات الروحانية". وقد شكلت هذه الكتب مجتمعة حلقة مهمة فى سلسلة تاريخ علم الميكانيكا، إذ أنها تكشف عن إنجازات العقلية العربية الإسلامية فى فترة طويلة من فتراتها.

وقد امتدت أهمية كتاب الحيل إلى العصر الحديث، وأفاد منه العلم الغربى، الأمر الذى جعل أساتذة اكسفورد الذين وضعوا كتاب "تراث الإسلام" فى أربعينيات القرن العشرين يصرحون بأن عشرين تركيباً ميكانيكياً من محتويات الكتاب ذو قيمة علمية كبيرة.

ولم يقتصر تأثير جماعة بنى موسى فى الغرب على " كتاب الحيل "

---

[1] دونالدهيل، العلوم والهندسة في الحضارة الإسلامية العلوم والهندسة في الحضارة الإسلامية، ترجمة احمد فؤاد باشا، سلسلة عالم المعرفة رقم 305، المجلس الوطني للثقافة والفنون والآداب، الكويت 2004، ، صـ 181.

فنحن مدينون - على رأى كارا دى فو - بعدد من الكتب لهؤلاء الأشقاء الثلاثة، أحدهم فى مساحة الأكر وقياس الأسطح "، ترجمة جيرارد الكريمونى إلى اللاتينية[1] بعنوان Liber Thiun Frabrum. وقد أسهم هذا الكتاب فى تطور الهندسة الأوربية مدة طويلة.

لقد قدمت جماعة بنى موسى من خلال مؤلفاتها، إسهامات جليلة فى العلوم التى بحثوا فيها. وقد حصر المشتغلون بتاريخ العلوم تلك الإسهامات، ومنها : وضع نظرية ارتفاع المياه التى لا تزال تستخدم حتى اليوم فى عمل النافورات، اختراع ساعة نحاسية دقيقة، قياس محيط الكرة الأرضية، والذى أخرجوه مقترباً من محيطها المعروف حالياً، اختراع تركيب ميكانيكى يسمح للأوعية بأن تمتلىء ذاتياً كلما فرغت، ابتكار طرق لرسم الدوائر الإهليجية (الدوائر المتداخلة)، تأسيس علم طبقات الجو، تطوير قانون هيرون فى معرفة مساحة المثلث. وفى كتبهم أيضاً وصف لقناديل ترتفع فيها الفتائل تلقائياً، ويُصب فيها الزيت ذاتياً، ولايمكن للرياح اطفاؤها. وآلات صائتة تنطلق منها أصوات معينة كلما ارتفع مستوى الماء فى الحقول ارتفاعاً معيناً، ونافورات تندفع مياهها الفوارة على أشكال مختلفة وصور متباينة. ولهم كذلك وصف للآلات الموسيقية ذات الحركة الذاتية مثل الناى.

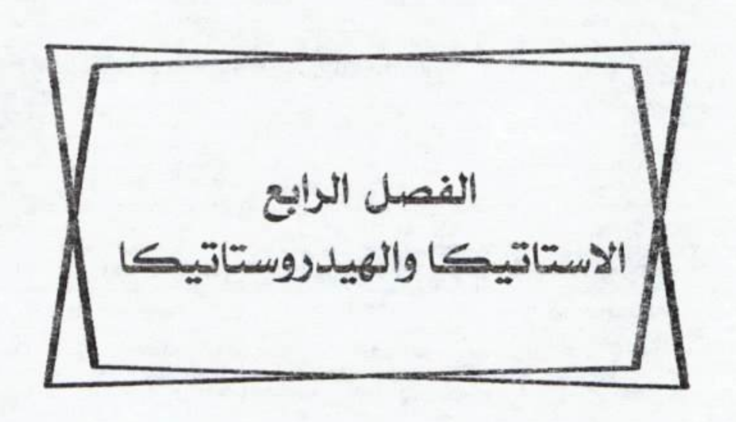
ولقد أجمع مؤرخو العلم على أن هذه الأعمال تدل على عبقرية وذهن متوقد مبدع، اتسم به أفراد جماعة بنى موسى بن شاكر، وقدموا كجماعة، منظومة علمية ومعرفية مهامة شغلت مكاناً رئيساً فى تاريخ العلم

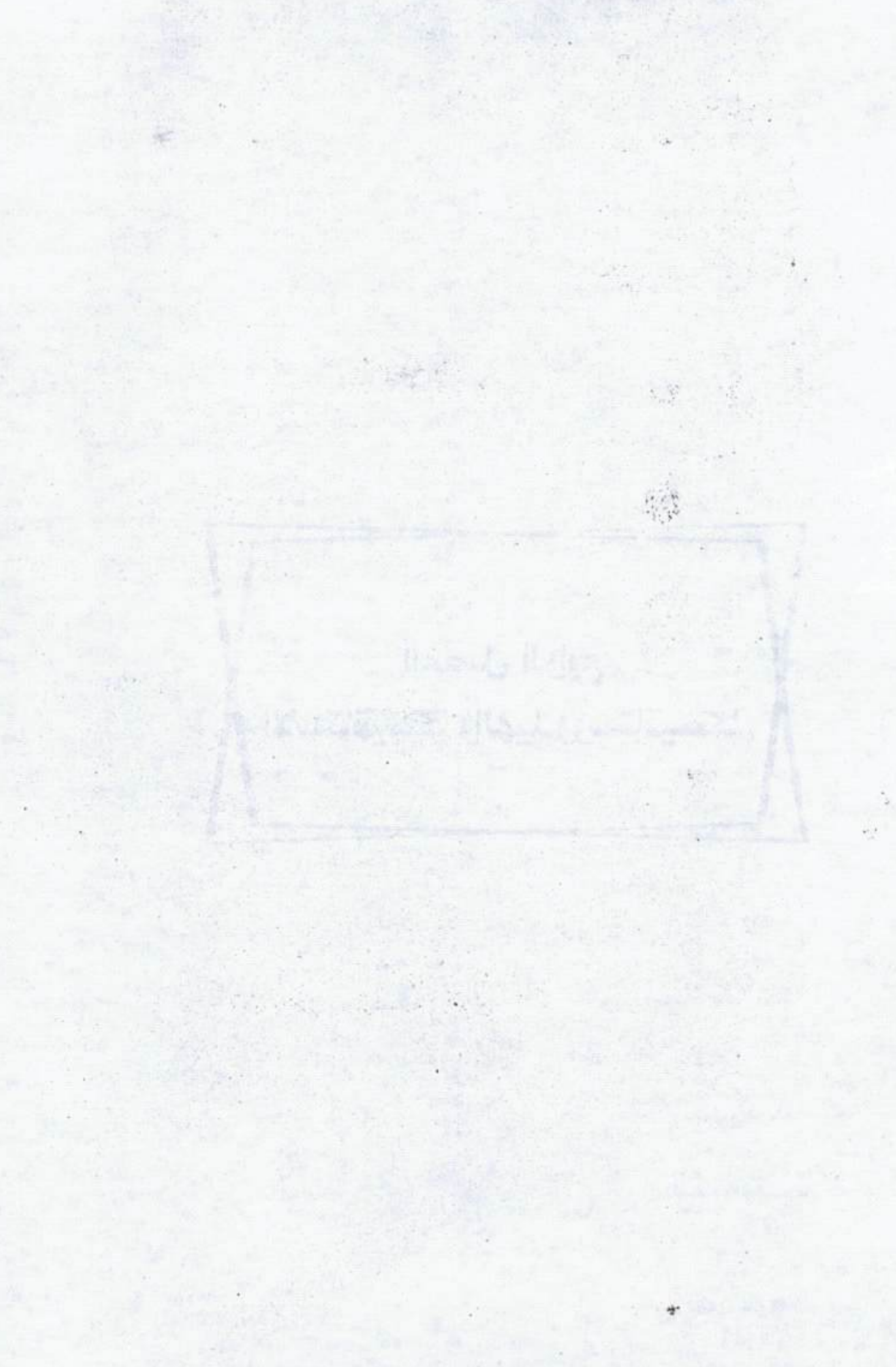
---

(1) Hill, Donald , The book of Knowledge of Imegeniuos mechanical Devices, Netherland (w.d),p.9.

بعامة، وتاريخ التكنولوجيا بخاصة، ومثلت مبادئ التحكم الآلى التى وضعوها أهم الانجازات التى قامت عليها التقنية و التكنولوجيا الانسانية.

(1) Hill, Donald, The book of Knowledge of Ingenious mechanical Devices, Netherland (n. d) p.9


الفصل الرابع
الاستاتيكا والهيدروستاتيكا



الفصل الرابع
الاستاتيكا والهيدروستاتيكا

شغلت مسألة الوزن بكافة مناحيها شغلت أهتمام وأبحاث العلماء فى العالم الإسلامى، فالعالم العظيم أبو الريحان البيرونى إلى جانب كونه فيلسوفاً وجغرافيا وفلكياً ولُغوياً ورياضياتيا ، كان عالماً فيزيائيا من الدرجة الأولى، ويتضح ذلك من مؤلفاته الفيزيائية مثل كتاب الجماهر فى معرفة الجواهر، ورسالة فى الميكانيكا والأيدروستياتيكا ، ورسالة بحث فيها الثقل النوعى واستخراج الأثقال النوعية لثمان عشرة مادة من المعادن والأحجار الثمينة. ففى هذه الرسالة دوّن البيرونى تجاربه لحساب الوزن النوعى لثمانية عشر عنصراً وقريباً ، وتكاد قياساته لا تختلف عن مثيلتها الحديثة إلا فى بعض النسب العشرية البسيطة كما فى الجدول.

ووضع البيرونى القاعدة التى تنص على أن الكثافة النوعية للجسم تتناسب مع حجم الماء الذى يزيجه وشرح كذلك أسباب خروج الماء من العيون الطبيعية والآبار الارتوازية بنظرية الأوانى المستطرقة.

وكذلك ناقش الرياضياتى والفلكى الشهير عمر الخيام[1] مسألة تعيين كميتى فلزين فى سبيكة منهما.

---

[1] عمر الخيّام (ت 515هـ - 1121م) أبو الفتح عمر بن إبراهيم النيسابورى، المكنى بالخيام لأنه كان فى صغره يشتغل بحرفة صنع وبيع الخيام. ومنذ صباه تنقل فى طلب العلم حتى استقر فى بغداد سنة 466هـ - 1074م. أبدع الخيام فى كثير من العلوم والمعرفة مثل اللغة والأدب والرياضيات والفلك والفقه والتاريخ. وعلى الرغم من شهرته بقصائده المعروفة بالرباعيات التى لا تخلو منها أى مكتبة فى العالم، إلا أنه كان رياضياتياً بارعاً وفلكياً أصيلاً. ألف الخيام مؤلفات كثيرة فى معظم فروع العلم والمعرفة المعروفة فى عصره ومنها: رسالة فى شرح ما أشكل من مصادرة كتاب أقليدس، رسالة فى النسب، رسالة فى البراهين على مسائل الجبر والمقابلة، رسالة الميزان الجبرى، رسالة فى فرضية المتوازيات الإقليدسية، الرباعيات شعر، كتاب مشكلات =

أمـا أهـم وأشمـل مؤلـف فـى الميكانيكـا فـى العصـور الإسـلامية (الوسطى) فهو كتاب ميزان الحكمة للخازن[1] الذى يُعد من أهم كتب العلم الطبيعة بعامة وعلم الميكانيكا وعلم الهيدروستاتيكا بخاصة حيث ترجم إلى اللغات الغربية: (اللاتينية، والإيطالية، وشكل ركيزة أساسية فى قيام العلم الطبيعى الحديث، حتى قال روبرت أى هال فى صاحبه: لأن الخازن هـو صـانع الآلات العلميـة باسـتخدام قـانون اتـزان الموانـع، فإنـه لا يترك مجال للشك بأنه أعظم العلماء فى أى زمن كان قديمه وحديثه.

ويزيد من قيمة كتاب ميزان الحكمة حقيقة – على رأى هيل- أن الخازن عرض فيه لتاريخ علم السكون أى الاستاتيكا Statics، وعلم توازن الموانع وضغطها، أى الهيدروستاتيكا Hydrostatics.

تضمن كتـاب ميـزان الحكمـة ثمـان مقـالات، المقالـة الأولى: في المقدمات الهندسية و الطبيعية التي يبتني عليها الميزان الجامع، و هي سبعة أبواب (أ) في رؤوس مسائل مراكز الأثقال لابن الهيثم المصري و أبي سهل القوهي. (ب) في رؤوس مسائل أرشميدس. (ج) في رؤوس مسائل أقليدس. (د) في رؤوس مسائل

=الحساب، رسالة فى حساب الهند، كتاب زيج ملكشاه (جداول فلكية)، كتاب المقنع فى الحساب الهندسى، رسالة فـى المعـادلات ذات الدرجـة الثالثـة والرابعـة، خمس رسـائل فلسفية.

(1) أبو الفتح عبد الرحمن المنصور(ت512/ 1118م) الخازن أو الخازني نسبة إلى عمله أمينا وخازنا لمكتبة السلطان أبى الحارث سنجر بن ملك شاه بن الب أرسلان سلطان خوارزم، ويكنى الخازنى بأبى الفتح، وهو العالم المسلم الفيزيائى، الأحيائى، الفلكى، الكيميائى، الرياضياتى، الفيلسوق، بيزنطى الأصل ينحدر من مدينة مرو من أعمال تركمنستان حاليا، والتى دخلها عبدا بيزنطيا بعد انتصار الأتراك السلاجقة فى حربهم ضد الامبراطور البيزنطى رومانوس الرابع. واعتقه سيده الخازن المروزى ووفر له تعليما عاليا فى الرياضيات والعلم الطبيعى والفلك انتقل على اثره إلى خراسان وبغداد للاستذادة، وتتلمذ فى بغداد على أشهر رياضى العصر عمر الخيام(ت515ه/1121م)، ثم عاد إلى تركمنستان ليبدع فى المجالات العلمية التى أجادها ، فقد نبغ فى العلم الطبيعي وفروعه المختلفة ، ووضع فيها مؤلفات كثيرة ، أهمها وأشهرها كتابه "ميزان الحكمة "..

مانـالاوس. (هــ) ـ في ذكـر مسـائل متفرقـة ـ في الثقـل و الخفـة. (و) ـ في مسـائل السفينة و مقدار غوصها. (ز) ـ في مقياس المائعات لقوقس الرومي.

المقالة الثانية: ـ في بيان الوزن و اختلاف أسبابه لثابت وـ في مقدمات مراكز الأثقـال وصـنعة القفـان للمظفـر الاسـفزاري. و ـ في كيفيـة الـوزن و اخـتلاف أسبابه لثابت بن قرة و هو باب (أ) ـ في بيان مراكز الأثقال (ب) ـ في موازاة عمود الميزان سطح الأفق. (ج) ـ في صنعة القفـان وأرقامـه و العمل بـه. (د) ـ في تحويل القفان المرقوم من وزن إلى وزن.

المقالـة الثالثـة: ـ في النسـب بين الفلـزات و الجـواهر ـ في الحجـم لأبـي الريحـان البيروني خمسة أبواب (أ) ـ في نسب الفلزات الذائبة وأوزانها بالرصد و الاعتبار. (ب) ـ في رصـد الجـواهر الحجريـة و نسـب بعضـها إلى بعـض ـ في الحجـم. (ج) ـ في رصد أشياء يحتاج إليها أحيانا. (د) ـ في رصـد مـا ذراع مكعب وزنـه حجم ذراع من الفلزات ووزنه ملء الأرض ذهبا (هـ) ـ في دراهم تضاعيف بيوت الشـطرنج و حصرهـا ـ في الأوعية و حرزها ـ في خزانة وذكر العمر الذي تنفق فيه.

المقالة الرابعة: ـ في ذكـر موازين المـاء التي ذكرهـا الحكمـاء المتقـدمون و المتأخرون وأشكالها و العمل بها خمسة أبواب (أ) ـ في ميزان أرشميدس حكاه مانـالاوس و العمـل بـه. (ب) ـ في ميـزان مانـالاوس و الطـرق الـتي ميزبهـا بـين الفلزات المركبة. (ج) ـ في تفسير قول ميلاوس الحكيم ـ في أوزان الفلـزات. (د) ـ في ذكـر الميـزان الطبيعـي لمحمـد بن زكريـا الـرازي. (هــ) ـ في ميـزان المـاء علـى الوجه الذي ذكره الإمام عمر الخيّام و العمل به و البرهان عليه.

المقالة الخامسة: ـ في صنعة ميـزان الحكمـة و تركيبـه و امتحانـه و تعريفـه ـ في أربعـة أبـواب: (أ) ـ في صـنعة أعضـائه كمـا أشـار إليـه المظفـر بـن إسـماعيل الاسـفزاري. (ب) ـ في تركيبـه وتركيب تعليـق الأعضـاء منـه. (ج) ـ في تعريفـه و

ذكر أسماء أعضائه مفصلا. (د) في امتحانه و تدارك ما وقع ويقع للوزان فيه.

المقالة السادسة: في اتخاذ الصنجات المخصوصة ثم كيفية العمل به و التمييز بين الفلزات المختلفة بالمنقلتين أولا و تمييز كل واحد منهما علما بأهون سعى و تغيرهما ثانيا بالحساب وزنه أثمان الجواهر وهي عشرة أبواب: (أ) في اتخاذ الصنجات المخصوصة به خفة و ثقلا. (ب) في تعديل ميزان الحكمة و كيفية وزن الأشياء به و تعداد وجوه الوزن. (ج) في كيفية إثبات مراكز الفلزات والجواهر عليه بالرصد والجدول. (د) في معرفة تحقيق الفلزات باستعمال المنقلتين والجواهر المفردة أو المفردة الملونة وتمييز المركب بعضها من بعض من غير سبك و لا تخليص بأهون سعى و أقرب وقت إذا كانت مركبة مثنى دون ما زاد عليه. (هـ) في التمييز بينها بالحساب من غير استعمال المنقلة بأوضح سبيل وأسهل حساب والبرهان عليه (و) في نسب الفلزات في وزني الهوائي والمائي و الحجم إذا استويا في الوزن بعضها إلى بعض بالحساب المحض دون استعمال الميزان. (ذ) في غرائب المسائل. (ح) في معرفة وزن الفلزين في الهواء إذا استوى وزنهما في الماء. (ط) في غرائب المسائل ومعرفة عين الفلز من وزنه وعكسه. (ي) في ذكر قيم الجواهر في الأيام الخالية ذكرها أبو الريحان.

المقالة السابعة: في ميزان الصرف و تقويمه على كل نسبة مفروضة و وزن الدراهم والدنانير بصنجات أختها و معرفة الصرف وقيمة كل فلز وجوهر من غير واسطة الصنجات وتركيبه على نسبة السعر والمسعر و الثمن المثمن و تقويم الأشياء به و هي ثمانية أبواب: (أ) في ذكر النسبة و ما يحتاج إليه في المعاملات. (ب) في تقويم ميزان الصرف و تعديله. (ج) في أوزان الدراهم و الدنانير بصنجات أختها. (د) في الصرف و معرفة القيم من غير واسطة

الصنجات. (هـ) في مسائل الضرب و غرائب مسائل الصرف. (و) في ميزان الدراهم و الدنانير من غير واسطة الصنجات. (ز) في ميزان الأرض وتسوية وجهها على موازة السطح الأفقي و وجوه الحيطان. (ح) في القسطاس المستقيم والوزن به من حبة إلى ألف درهم و دينار بثلاث رمانات.

المقالة الثامنة: في ميزان الساعات خمسة أبواب: (أ) في صنعة عموده و ما عليه من الحساب. (ب) في صنعة خزانة الماء أو الرمل و ما يتصل بها. (ج) في الرقوم و الرمانات الثلاث. (د) في معرفة الساعات و كسورها (هـ) في صنعة الميزان اللطيف والعمل به للأزمان و كسورها.

تتناول المقالة الأولى من الكتاب عدداً من نظريات الصيغ الأساسية للوزن النوعى لعدد من المؤلفين الإغريقى والمسلمين. إلا أن أهم ما جاء فى هذه المقالة هو معالجة الخازن لقوة الجاذبية التى تجذب جميع الأجسام إلى مركز الأرض، ويعتمد هذا الجذب على ثقل أو كتلة الجسم.

إن المطلع على كتاب جاليليو"محاورات حول علمين جديدين"، وكتاب نيوتن "البرنسيبيا"الكبير، يجد أنهما نقلا حرفيا كثيرا من مسلمات الخازن التى ضمّنها كتابه "ميزان الحكمة" وقامت عليها علوم الميكانيكا والديناميكا والاستاتيكة الحديثة. فيقصد جليليو بهذين العلمين الجديدين، الاستاتيكا والديناميكا. وفي كتابه قال :إن سرعة سقوط الأجسام سقوطاً مطلقاً تزيد بنسبة منتظمة. وقام بتجارب كثيرة على مستويات مائلة، وحاول أن يبرهن على أن أي جسم يتدحرج إلى أسفل على مستوي يمكن أن يصعد على مستوي مماثل إلى ارتفاع مماثل لسقوطه لولا الاحتكاك أو أية مقاومة أخرى. وانتهى إلى صياغة قانون القصور الذاتي (وهو أول قوانين الحركة الذى أخذه نيوتن من ابن سينا، كما مر سابقا)

وهو أن أي جسم متحرك، يستمر بشكل غير محدود في نفس الخط وبنفس معدل الحركة، ما لم تتدخل معه قوة خارجية. وهاك بعض ما ضمّنه الخازن فى كتابه "ميزان الحكمة":

الثقل: هو القوة التي بها يتحرك الجسم الثقيل إلى مركز العالم.

الجسم الثقيل: هو الذي يتحرك بقوة ذاتية أبدا إلى مركز العالم فقط، أعني أن الثقيل هو الذي له قوة تحركه إلى نقطة المركز، و في الجهة أبدا التي فيها المركز، و لا تحركه تلك القوة في جهة غير تلك الجهة ، و تلك القوة هي لذاته لا مكتسبة من خارج و غير مفارقة له ما دام على غير المركز و متحركا بها أبدا ما لم يعقه عائق إلى أن يصير إلى مركز العالم

الاجسام المتساوية القوي: هي المتساوية الكثافة أو السخافة ،و تكون المقادير المتساوية منها المتشابهة الأشكال متساوية الثقل ، و تسم هذه الأجسام المتساوية في القوة. و الأجسام المختلفة القوي هي التي ليست كذلك و نسميها المختلفة في القوي.

إذا تحرك جسم ثقيل في أجسام رطبة فإن حركته فيها بحسب رطوبتها فتكون حركته في الجسم الأرطب أسرع.

إذا تحرك في جسم رطب جسمان متساويان الحجم متشابهان في الشكل مختلفان في الكثافة فإن حركة الجسم الأكثف فيه تكون أسرع.

إذا تحرك في جسم رطب جسمان متساويان في الحجم متساويان في القوة مختلفان في الشكل فإن الذي يلقى الجسم الرطب منه سطح أصغر تكون حركته فيه أسرع.

إذا تحرك في جسم رطب جسمان متساويان في القوة مختلفان في الحجم،

فإن حركة الأعظم فيه أسرع.

الأجسام الثقال قد تتساوي أثقالها و إن كانت مختلفة في القوة مختلفة في الشكل.

الأجسام المتساوية الثقل هي التي إذا تحركت في جسم واحد من الأجسام الرطبة من نقطة واحدة، كانت حركتها متساوية، أعني أنها تجوز في أزمنة متساوية مسافات متساوية.

الأجسام المختلفة الثقل هي التي إذا تحركت على هذه الصفة، كانت حركتها مختلفة، وأعظمها ثقلا أسرعها حركة.

الأجسام المتساوية في القوة و الحجم و الشكل و البعد عن مركز العالم متساوية.

الجسمان المتعادلان الثقل عند نقطة مفروضة هما اللذان يمكن إذا ضما إلى جسم ثقيل تكون تلك النقطة مركز ثقله و صار مركزا ثقلهما على جانبي تلك النقطة على خط مستقيم يمر بتلك النقطة إلا أن يتغير وضع ذلك الجسم و تصير تلك النقطة مركز ثقل مجموعهما.

الجسمان المتعادلان الثقل عند سطح مفروض هما اللذان يمكن إذا ضما إلى جسم ثقيل يكون مركز ثقله على ذلك السطح و صار مركزا ثقلهما على جانبي ذلك السطح إلا أن يتغير وضع ذلك الجسم و يكون مركز ثقل الجميع على ذلك السطح.

كل جسم ثقيل يتحرك إلى مركز العالم فإنه لا يتجاوز المركز، وأنه إذا إنتهى إليه إنتهت حركته. وإذا انتهت حركته صار ميل جميع أجزائه إلى المركز ميلا متساويا، وإذا إنتهت حركته فإن وضع المركز منه حينئذ لا يتغير.

كل جسمين ثقيلين بينهما واصل يحفظ وضع أحدهما عند الآخر فلمجموعهما مركز ثقل و هو نقطة واحدة فقط.

كل جسمين ثقيلين يصل بينهما جسم ثقيل يكون مركز ثقله على الخط المستقيم الذي يصل بين مركزي ثقلهما فإن مركز ثقل الجميع على ذلك الخط.

كل جسم ثقيل يعادل جسما ثقيلا فإن كل جسم مساو له في الثقل فإنه يعادل ذلك الثقل إذا لم تتغير المراكز.

كل جسمين متعادلين يرفع أحدهما و يوضع على مركز ثقله جسم أثقل منه فإنه لا يعادل الجسم الباقي و لا يعادل إلا جسما أثقل منه.

كل جسم متوازي السطوح متشابهة الأجزاء فإن مركز ثقله هو مركزه أعني النقطة التي تتقاطع عليها أقطاره.

كل جسمين متوازيى السطوح متساويين في القوة و ارتفاعهما متساويين و ارتفاعهما على قواعدهما على زوايا قائمة فإن نسبة ثقل أحدهما إلى ثقل الآخر كنسبة عظم أحدهما إلى عظم الآخر.

كل جسمين متعادلي الثقل عند نقطة مفروضة فإن نسبة ثقل أحدهما إلى ثقل الآخر كنسبة قسمي الخط الذي يمر بتلك النقطة و يمر بمركزي ثقلهما أحدهما إلى الآخر.

كل جسمين ثقيلين يعادلان جسما واحدا ثقيلا بالقياس إلى نقطة واحدة فإن أقربهما من تلك النقطة أثقل من أبعدهما.

كل جسم ثقيل يعادل جسما ثقيلا بالقياس إلى نقطة ثم ينتقل الجسم في ضد الجهة التي فيها الجسم الآخر و يصير أيضا مركز ثقله على الخط المستقيم الذي عليه المراكز فإنه كلما بعد كان ثقله أعظم.

كل جسمين ثقيلين متساويين في القوة و الحجم و الشكل مختلفي البعد عن مركز العالم فإن أكثرهما بعدا أعظمهما ثقلا.

لم يكتف نيوتن وجاليليو بذلك، بل جاء تلميذ الأخير وهو ايفانجليستا تورشيللى الايطالى(1608- 1647) وادعى اكتشافه لظاهرة الضغط الجوى، بل واشتهر فى تاريخ العلم باختراعه جهاز البارومتر الزئبقى الذى يقيس الضغط الجوى.

لكن هذا الإدعاء سرعان ماينكشف إذا ما نظرنا فى كتاب الخازن "ميزان الحكمة" حيث بحث الخازن فى هذا الكتاب ظاهرة الضغط الجوي قبل توريتشلي بخمسمائة سنة!

فلقد أدرك الخازن أن للهواء وزنا، وعلى ذلك فان وجود الجسم فى الهواء لايعنى وزنه الحقيقى، بل ينقصه وزن الهواء بقدر حجم ذلك الجسم.

وعلى ذلك لم يكن تورتشيلى أول من أوجد للهواء وزنا، بل العالم العربى المسلم عبد الرحمن الخازن الذى تناول وزن الهواء فى كتابه "ميزان الحكمة"، كما اثبت أن للهواء قوة رافعة كالسوائل، وأن وزن الجسم المغمور فى الهواء يقل عن وزنه الحقيقى، وأن مقدار ما يقل منه يتبع كثافة الهواء.

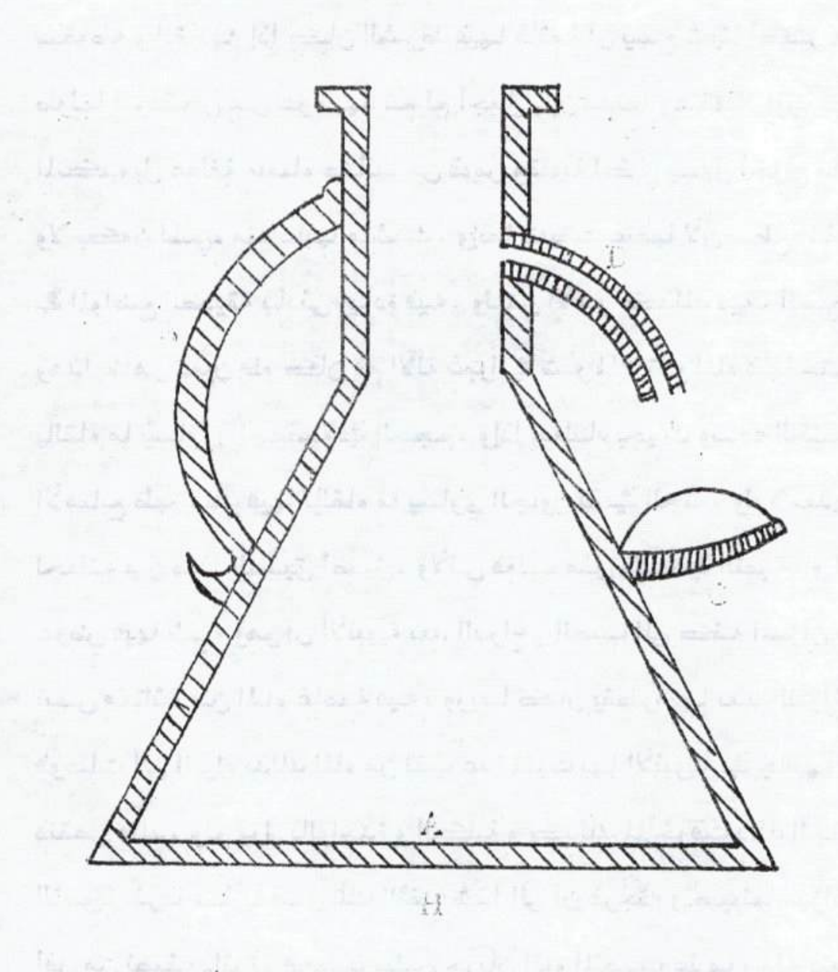
كذلك أجرى الخازن أبحاثا وتجارب مهمة لإيجاد العلاقة بين وزن الهواء وكثافته ، وأوضح أن وزن المادة يختلف فى الهواء الكثيف عن الهواء الخفيف أو الأقل كثافة ، وذلك يرجع لاختلاف الضغط الجوي . واخترع الخازن ميزانا عجيبا لوزن الأجسام فى الهواء وفى الماء، أسماه الميزان الجامع، واخترع آلة لقياس الوزن النوعى للسوائل واستخراج الأوزان النوعية لكثير من السوائل والمعادن.

وعُنيت بقية مقالات كتاب ميزان الحكمة في معظمها بعلم توازن الموائع أو الهيدروستاتيكا وخاصة تعيين الأوزان النوعية، ووصف وتركيب الآلات المستخدمة للحصول على نتائج دقيقة الوصف الأول يتعلق بتعيين الأوزان النوعية للسوائل باستخدام مقياس المائعات (الكثافة) أو الإيرومتر للحكيم قوقس الرومي[1].

الآلة الثانية التي وصفها الخازن لتعيين الأوزان النوعية للسوائل، هي الآلة المخروطية لأبي الريحان البيروني، وهي كما يصفها[2]: آلة مخروطة الشكل واسعة القاعدة ضيقة الفم بعد عنق ممتد بذلك الضيق من البدن إلى الفم، و ثقبت في أوسط هذا العنق بالعقرب من أسافله ثقبة صغيرة مدورة، وألحمت عليها بقدرها أنبوبة منكوسة الوضع رأسها إلى جهة الأرض، وتحت هذا الرأس كالحلقة لوضع كفة الميزان عليها وقت العمل، ثم قطعت كل واحد من الفلزات قطعا كبارا أو صغارا لم يجاوز كبارها سعة عنق الآلة فتختنق بها، و لم يكن لصغارها حد بل كانت إلى مثل جسم الجاورسة. و كان الغرض فيها أن أبتدئ بطرح كبار تلك القطع في فم الآلة لأنها تموج الماء و ترفعها بقوة أكثر من الواجب، ثم لا بأس بذلك إذا كنت اتبعه تقويم العمل بطرح صغارها بالكلبتين طرحا لم يكد يفطن له سطح الماء حتى تبين فيه حركة، ومعلوم أن الماء يرتفع بحسب ما ألقى فيه فينضب بالأنبوبة ما ساوى حجم الملقي، و يبقى الباقي في الآلة على حاله، والآلة على هذه الصورة:

---

[1] الخازن، ميزان الحكمة، تحقيق فؤاد جميعان، شركة فن للطباعة1947،ص25.
[2] الخازن، ميزان الحكمة، ص66.



الآلة المخروطية لأبى الريحان البيرونى

و إنما وسعت أسافل الآلة ليسع ما ألقيه فيها شيئا أكثر، وذلك لأنها إذا كانت ضيقة العنق كان بريخا يتعذر إستعماله على وجه الأرض ويكثر سقوطه و انقلابه إذا كان الشرط فيها قائما أن يسع شيئا أكثر فزاد في طولها ما نقص من عرضها. ثم لم أجعل بين بدنها وعنقها زاوية كزاوية المنكب بل عطفة ملساء كأنها من قوس مقلوبة لكي يسهل أخراج ما فيها، ولا يكون لشيء منه عليها متشبث، وإنما ضيقت عنقها لأن سطح الماء يرتفع في المواضع الضيقة بأدنى زيادة فيه، وليس الأمر كذلك فيما أتسع منها، وهذا ظاهر للعين فلو كان فم الآلة شبرا في شبر لما ارتفع الماء فيها حتى يسيل بالقاء ما يساوي الحمصة في الحجم، وإذا جعلناه بحيث وسعه الخنصر من الأصابع ظهر ذلك فيها بإلقاء ما يساوي الجاورسة في الجثة، ولولا تعذر العمل لجعلته من هذا الضيق أضيق، ولأني فعلت مثل ذلك في الثقبة، و الأنبوبة عرض فيها شيء وهو أن الأنبوبة بعد الفراغ و الصب الى كفة الميزان كانت تبقى ممتلئة من الماء غاصة فيه، وربما كان يقطرمنها بعد الفراغ قطرة فوصلت إلى الهواء بذلك الماء من ثقب عدة ثقبت بها الأنبوبة في جانبها الأعلى فنقص ذلك، ولم يزل بالواحدة و الكلية و كذلك لما خرقت ذلك الجانب من الأنبوبة خرقا ضاربا نسق تلك الثقب شقا إلى أن فرجته و صيرتها ميزانا قالبه أقل من نصف دائرة، فحينئذ سلس جريان الماء المنصب عليها، ولم يتعلق بها منه إلا ما لا بد في الطباع من البلل الضروري.

وصف الخازن فى بقية مقالات كتابه موازين متنوعة طورها العلماء المسلمون، لينتهى منها بوصف تفصيلى لميزانه الذى أسماه "ميزان الحكمة" أو "الميزان الجامع"، وهو آلة الوزن التى صممها الخازن بعناية للقياسات بالغة الدقة.

وهـى تمثـل ذروة انجـازات المسـلمين فـى هـذا الفـرع مـن الفيزيـاء التطبيقية كما يقول دهيل[1] الذى قدم وصفا تفصيليا لهذا الميزان وتطبيقاته فيما يلى:

يوضح الشكل ميزان الحكمة بتركيبه الكامل، القضيب (أو العمود) A مصنوع من الحديد أو النحاس الأصغر، فقطعة مربع، طول ضلعه حوالى 8 سنتيمترات وطوله متران، وملتحم به فى مركزه قطعة تثبيت، فرودة عند النقطة نفسها بعارضة B، اللسان D طوله حوالى 50سنتيمترا ومزود بسيلان مسلوب مستدق الطرف ليمر خلال ثقوب فى العارضة والقضيب، ويؤمن من أسفل القضيب، وهو محاط بتجهيز معدنى مستقل، كما هو مبين، مكوّن من مقصين متصلين من أعلى بعارضة E، بينما يوجد من أسفل عارضتان F على التوازى مع العارضة B، تلحم بأعلى E حلقات تسمح بتوصيلها بالقضيب، يوجد فى العارضتين F ثقوب ضيقة على الخط نفسه تماماً مع ثقوب مماثلة فى B، ويتم توصيلها بخيوط، مثل هذا التجهيز يحول دون حدوث احتكاك المحور، وهو ما يستوجب الاعتبار فى آلة بهذا الوزن.

الكفات المختلفة كما عرفها الخازن هى:

[1] دونالدهيل: العلوم والهندسة فى الحضارة الإسلامية، ص99.

L : الطرفيه الهوائية الأولى.

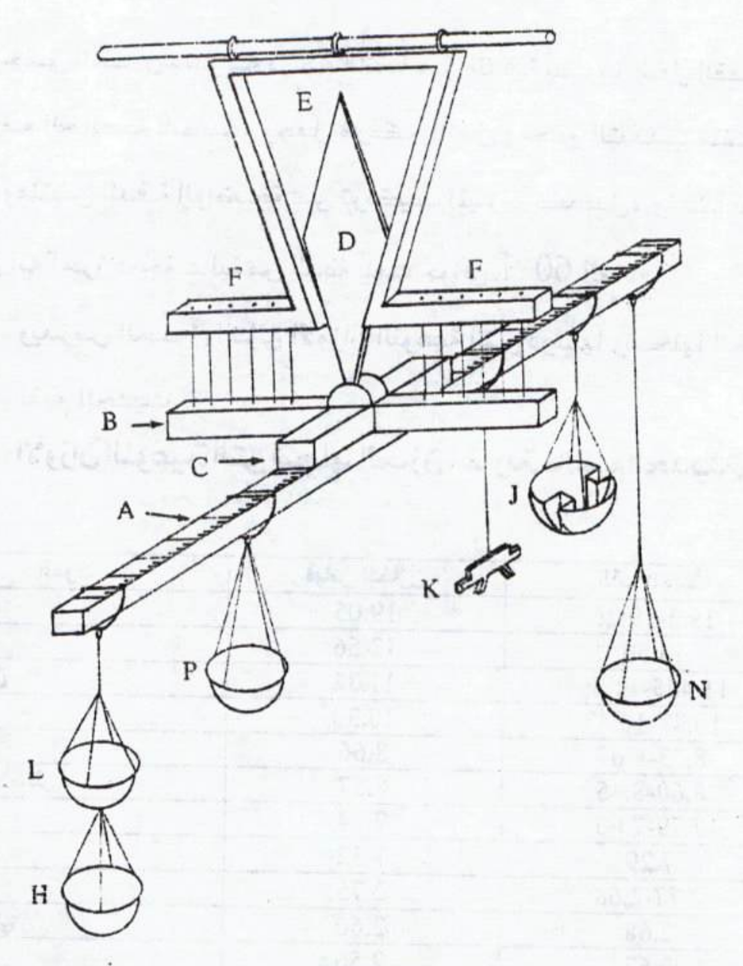
N : الطرفية الهوائية الثانية.

H : كفة الماء الثالثة.

J : الرابعة أو الكفة المجنحة.

K : الرمانة (الثقل السيار القابل للحركة).

P : المنقلة (الكفة المتحركة) الخامسة.



ميزان الحكمة(الجامع) للخازن

الكفة H ذات الشكل المخروطى كانت معلقة من أسفل الكفة L، بينما علقت الرمانة وجميع الكفات الأخرى من العمود بواسطة حلقات دقيقة جداً من الحديد الصلب (الفولاذ) مثبتة بإحكام فى حزوز (شقوق) فى السطح العلوى للقضيب. الكفتان L و N (وبالتالى الكفة H أيضاً) غير قابلتين للحركة طولياً. الشكل الخاص للكلفة J يسمح بتقريبها من الكفات المجاورة.

لقد حقق الخازن بميزانه درجة فائقة من الدقة بسبب طول القضيب والطريقة الخالصة للتعليق، وجعل مركز الثقل ومحور التذبذب متقاربين جداً، ومنتهى الدقة الواضحة فى تركيب الميزان ككل، وتدلنا نتائج الخازن أنه أحرز درجة عالية من الدقة بلغت حوالى 1 : 60 ألفاً.

ويعرض الجدول التالى الأوزان النوعية التى درسها وسجلها الخازن مقارنة بالقيم الحديث.

الأوزان النوعية التى سجلها الخازن مقارنة بالقيم الحديثة

المواد	قياس الخازن	القيم الحديثة
الذهب	19.05	19.3-19.26
الزئبق	13.56	13.56
الرصاص	11.32	11.445-11.39
الفضة	10.30	10.47-10.43
النحاس	8.66	8.73-8.67
النحاس الأصفر	8.57	8.60-8.45
الحديد	7.74	7.79-7.60
القصدير	7.32	7.29
الزمرد	2.75	2.77-2.68
اللؤلؤ النقي	2.60	2.68
العقيق	2.56	2.62
المرجان	2.56	2.69
الملح النقي	2.19	3.17-3.07
نفط	1.04	1.07
الماء العذب	1.00	1.00
الماء الساخن	0.958	0.960
الجليد	0.965	0.927-0.916
ماء البحر	1.04	1.04-1.029
خل الخمر	1.027	1.08-1.013
الخمر	1.022	1.04-0.992
زيت الزيتون	0.92	0.919-0.918
لبن البقر	1.11	1.04-1.02
بيض الدجاج	1.35	1.09
العسل	1.406	1.45
دم إنسان فى صحة جديدة	1.033	1.053

يكرر دونالدهيل القول بأن كتاب "ميزان الحكمة" يمثل ذروة قرون من التطورات الإغريقية والإسلامية فى علم الأوزان وتعين الأثقال النوعية، وغير ذلك.

الفصل الخامس
الآلات والتقنيات الدقيقة

الفصل الخامس

الآلات والتقنيات الدقيقة

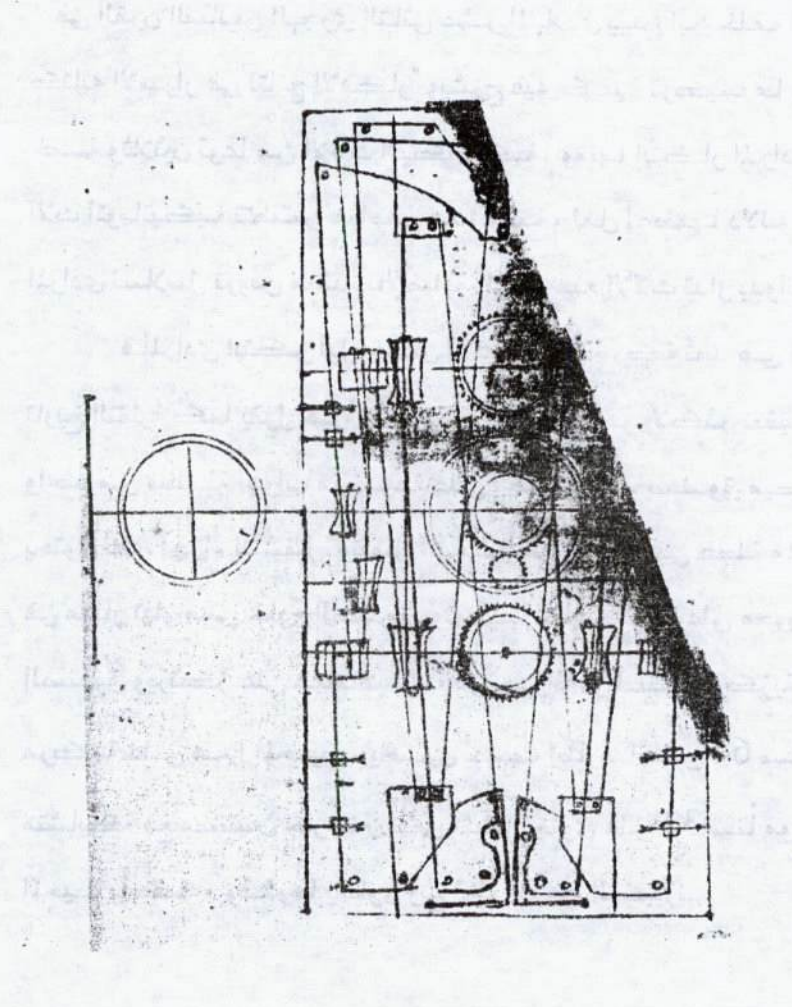
فى القرن السادس الهجرى الثاتى عشر الميلادى يبدع ابن خلف المرادى[1] كتابه"الاسرار فى نتائج الافكار" ويشرح فيه كيفية تركيب ما يقرب من خمسة وثلاثين نوعا من الالات الميكانيكية، ومنها ابتكار المرادى لخمس آلات أتوماتيكية تتضمن عناصر عدة مهمة، لعل أعظمها دلالة استخدام المرادى لسلاسل تروس معقدة بالإضافة إلى أن هذه الآلات تدار بدواليب مائية.

فالمرادى ابتكر أول خمس آلات ذاتية الحركة تُعد هى الأهم فى تاريخ التقنية كما يقول هيل[2]. فيوضح الشكل وهو الأكثر تعقيداً ضعف واحد من سلسلة أبواب موضوعة على أحد جوانب صندوق ميكانيكى يحتوى على أجزاء التشغيل. وتتمثل آلية التشغيل الأولى فى عجلة مائية مثبتة فى مسار تيار مائى خارج الصندوق. وتركب العجلة المائية على محور يمر فى الصندوق ويرتكز على دعامات مثبتة فى جدرانه. والمسننة المركزية الرئيسية مركبة على هذا المحور، ويحتوى نصف إطارها على 64 سناً، وهى متشابكة مع مسننتين خارجتين كل منهما تجتوى على 32 سناً موزعة على المحيط بأكمله، وقطرها يساوى رُبع قطر العجلة الكبيرة.

---

(1) محمد بن خلف المرادى، ينحدر من قبيلة بنى مراد اليمنية التى توطنت بإقيم القنت بأسبانيا الإسلامية.

(2) دونالدهيل، العلوم والهندسة فى الحضارة الإسلامية، م.س، ص188.



آلية المرادى ذاتية الحركة

وتضمن كتاب المرادى تجهيزه بتقنية عالية لقاعة محركات بجوار مقصورة الخليفة بقصر جبل طارق تسمح بتحريك جدران المقصورة اليا!

كما وضع المرادى تقنيات عالية لطواحين الهواء والمكابس المائية، وابتكر ساعة شمسية متطورة وغاية فى الدقة. وفى جامع قرطبة ابتكر المرادى تقنية عالية لحامل المصحف الشريف بفتحه آليا وتقليب صفحاته بدون أن تمسها يد، حيث توضع المجموعة المكونة من الحامل والمصحف على رف متحرك فى صندوق مغلق موضوع باعلى المسجد ، وعندما يدار مفتاح الصندوق، ينفتح باباه آليا نحو الداخل ويصعد الرف تلقائيا حاملا نسخة المصحف الى مكان محدد، وتتقلب صفحاتة ذاتيا. واذا أدخل المفتاح من جديد فى قفل الصندوق وأدير عكس الاتجاه السابق تتوالى الحركات السابقة بالترتيب المعاكس وذلك بفضل الآلات والسيور التى اخفاها المرادى عن الاعين.

يتضح مما سبق أن آلات المرادى احتوت، بدون أدنى شك، على نظام التروس القطاعية Segmental Gears ومن المؤكد، كما يقول هيل، إن أى مهتم بتاريخ الآلات وصناعة الساعات سوف ينتابه إحساس بالدهشة إذا ما فحص الشكل الذى يوضح نظاما لنقل عزم تدويرى أعقد كثيراً من أى تروس أخرى لنقل القدرة عرفت منذ القدم. نعم عرفت العصور الهيلنستية آلات تعمل بنظام تروس مركب، لكنها كانت آلات رقيقة تعمل يدوياً، وليست آلات تدار بقدرة المياة وتحتوى على عجلة مسننة رئيسية قطرها 72سم.

وفى القرن السادس الهجرى الثاتى عشر الميلادى جمع بديع الزمان أبو

العز بن إسماعيل الرزاز الملقب الجزرى [1] بين العلم والعمل، وصمم ووصف نحو خمسين آلة ميكانيكية فى ست تصنيفات مختلفة ضمنها أهم وأروع كتبه والذى وصفه مؤرخ العلم الشهير جورج سارتون بأنه يمثل الذروة التقنية للمسلمين، وهو كتاب " الجامع بين العلم والعمل النافع فى صناعة الحيل " ففيه : تصميم الجزرى للمضخة ذات الأسطوانتين المتقابلتين وهى تقابل حاليا المضخات الماصة والكابسة، واخترع العمود المرفقى crank shaft، وبعض أول الساعات الميكانيكية التى تعمل بالماء والأثقال وبنظام تنبيه ذاتي، وآلات رفع الماء، وصب المعادن فى صناديق القوالب المغلقة باستخدام الرمل الأخضر، وتغليف الخشب لمنع التوائه، والموازنة الاستاتيكية للعجلات، واستخدام النماذج الورقية لتمثيل التصميمات الهندسية.

ومع أن المصادر لم تفرد صفحاتها لتفاصيل كثيرة عن مرحلة تكوين الجزري العلمية، إلا أن الثابت أنه درس الرياضيات وما توافر في عصره من علوم الفيزياء والمنهج التجريبي الذي كان يقرن بمقتضاه الدراسة النظرية بالتجريب، فلا يعتمد النظريات العلمية الهندسية مالم تثبتها التجارب العملية، فأني- كما يقول الجزري [2] : تصفحت من كتب المتقدمين وأعمال المتاخرين أسباب الحيل المشبهة بالروحانية، والآلات المتخذة للساعات

---

[1] بديع الزمان ابو العز أبو بكر إسماعيل بن الرزاز، ولقبه الجزري نسبة إلى جزيرة ابن عمر التي ولد فيها، وهي مدينة- كما يقول ابن خلكان- فوق الموصل على دجلتها سميت جزيرة لأن دجلة محيطة بها، وتتبع حاليا تركيا وتقع على خط الحدود المباشر مع سوريا.ضنت معظم كتب التراجم بذكر الجزري فلا يعرف الكثير عن نشأته، وأشارت بعض المصادر إلى انه ولد سنة 561هـ- 1165م، وتوفي سنة 607هـ- 1210م، وذكرت مصادر أخرى ان وفاته كانت سنة 602هـ 1206م، وما بين المولد والوفاة حياة علمية حافلة بالإنجازات.

[2] بديع الزمان الجزري، الجامع بين العلم والعمل النافع في صناعة الحيل، مخطوط مكتبة توب قابي بأسطنبول رقم 3472، صـ2.

المستوية والزمانية، ونقل الأجسام بالاجسام عن المقامات الطبيعية، وتأملت في الخلا والملا لوازم مقامات برهانية، وباشرت علاج هذه الصناعة برهة من الزمان وترقيت في عملها عن رتبة الخبر إلى العيان فأخذت فيها أخذ من سلف وخلف، واحتذيت حزو من عمل ما عرف.

وكنت وجدت فريقا من خلا من العلماء وتقدم من الحكماء وضعوا أشكالا وذكروا أعمالا لم يباشروا بجملتها تحقيقا، ولا سلكوا على تصحيح جميعها طريقا، وكل علم صناعي لا يتحقق بالعمل فهو متردد بين الصحة والخلل.

هكذا يبدأ الجزري مقدمة كتابه "الجامع بين العلم والعمل النافع في صناعة الحيل" فيشير إلى مصادره إشارة عابرة، وكيف أن ترقية في العلوم أكسبه خبرة علمية جعلته لا يعتمد أعمال السابقين إلا بعد إخراجها بالتجربة وإثباتها.

وبذلك أكتسب الجزري خبرة علمية وقدرات ابتكارية مكنته من تقلد منصب كبير مهندسي الدولة "رئيس الأعمال" في بلاط ملوك ديار بكر التركية التابعة للدولة الأيوبية في عصر مؤسسها صلاح الدين الايوبي.

فعند إتصالي- كما يقول الجزري[1]- بخدمة الملك الصالح ناصر الدين أبي الفتح محمود بن محمد قرا إرسلان، ملك ديار بكر من آل ارتق ابقاه الله، وذلك على أثر خدمتي أبيه وأخيه مدة خمس وعشرين سنة أولها سنة 750 إلى أن قضى الأمر إليه.

وبينما أنا ذات يوم لديه وقد عرضت شيئاً مما صنعته عليه وهو ينظر إلى ثم ينظر ويفكر فيما كنت هممت به ولا أشعر، فرمى حيث رميت

[1] الجزري، الجامع بين العلم والعمل النافع في صناعة الحيل، مخطوط أسطنبول، صـ2.

وكشف باصابته عما خفيت، فقال: لقد صنعت أشكالاً عديمة المثل وأخرجتها من القوة إلى العفل فلا تضع ما أتعبت فيه وشيدت مبانيه، وأحب أن تضف لي كتاباً ينظم وصف ما استبددت بتمثيله وانفردت بوصف تصويره وتشكيله.

فبذلت من قوتي حسب الاستطاعة إذ لم أجد محيداً عن الطاعة، وألفت هذا الكتاب يشتمل على بعض خروق رقمتها وأصول فرعتها وأشكال اخترعتها، ولم أعلم إني سبقت إليها.

هكذا بدأ الجزري كتابه الأشم "الجامع بين العلم والعمل النافع في صناعة الحيل" وهو كتاب في الهندسة الميكانيكية يُعد بحق أروع ما كُتب في العصور القديمة والإسلامية (الوسطى) عن الآلات الميكانيكية والهيدروليكية.

صمم الجزري في كتابة هذا ووصف نحو خمسين آلة ميكانيكية صنفها في ست انواع رئيسية، وقسم الانواع إلى أشكال، أى أجهزة كما يلي[1]:

النوع الأول

في عمل بناكم (ساعات) وقيل بناكين يُعرف منها مضى ساعات مستوية وزمانية بالماء وهو عشرة أشكال:

الشكل الأول: بنكام يعرف منه مضى ساعات زمانية بالماء وهو بعشرة فصول.

الشكل الثاني: فنكان الطبالين، يُعرف منه مضى ساعات زمانية، وينقسم إلى فصول خمسة.

---

(1) الجزري، الجامع بين العلم والعمل النافع في صناعة الحيل، صـ 4.

الشكل الثالث: فنكان الزورق، وينقسم إلى ستة فصول.

الشكل الرابع: فنكان الفيل، يُعرف مضى الساعات المستوية، وينقسم إلى إلى خمسة عشر فصلاً.

الشكل الخامس: فنكان الكأس، يعرف مضى الساعات المستوية وأجزائها، وينقسم إلى ثلاثة فصول.

الشكل السادس: فنكان الطواويس، يُعرف منه مضى ساعات مستوية، وينقسم إلى ستة فصول.

الشكل السابع: فنكان السياف، يعرف منه مضى ساعات مستوية بالشمعة، وينقسم إلى ثلاثة فصول.

الشكل الثامن: فنكان الكاتب، ويُعرف منه مضي ساعات مستوية وأجزائها بالشمعة، وينقسم إلى ثلاثة فصول.

الشكل التاسع: فنكان القرد، يُعرف منه مضي ساعات مستوية وأجزائها بالشمعة، وينقسم إلى فصلين.

الشكل العاشر: فنكان الابواب، يُعرف منه مضي ساعات مستوية بالشمعة، وينقسم إلى فصلين.

النوع الثاني

في عمل أواني وصور تليق بمجالس الشراب وهو عشرة أشكال:

الشكل الأول: كأس يحكم في مجالس الشراب، وينقسم إلى فصلين.

الشكل الثاني: كأس يحكم في مجالس الشراب بفصل واحد.

الشكل الثالث: حكم في مجالس الشراب بخمسة فصول.

الشكل الرابع: زورق يوضع في بركة مجالس الشراب، وينقسم إلى ثلاثة فصول.

الشكل الخامس: باطية طرف مجالس الشراب، وهي بثلاثة فصول.

الشكل السادس : صورة رجل نديم يشرب سور الملك، وهو بفصلين.

الشكل السابع :غلام قائم فى يده سمكة وقدح يسقى منها الملك.وهو بثلاث فصول.

الشكل الثامن: رجل فى يده قدح وقرابة. وهو بفصلين.

الشكل التاسع: عمل سرير عليه شيخان فى يد كل واحد منهما قدح. وهوبفصلين.

الشكل العاشر: جارية تخرج من خزانة كل زمان وفى يدها قدح.وهوبفصلين.

النوع الثالث

فى عمل أباريق وطساس للفصد والوضوء. وهوعشرة أشكال:

الشكل الأول: إبريق يصب منه ماء حاروماء بارد ممزوج. وهو بفصلين.

الشكل الثاني: إبريق يضعه الخادم إلى جانب طست. وهو بفصلين.

الشكل الثالث: غلام يصب على يدى الملك ليتوضأ.وهو بفصلين.

الشكل الرابع: طاووس يصب من منقاره ماء للوضوء. وهوبفصل واحد.

الشكل الخامس: طست الراهب يعلم منه كمية الدم النازل فيه، وهوبفصلين.

الشكل السادس : طست الكاتبين للفصاد. وهوبفصلين.

الشكل السابع: طست الفصاد الحاسب. وهو بفصلين.

الشكل الثامن: طست القصر، وهو بفصلين.

الشكل التاسع: طست الطاووس لغسل اليدين، وهو بأربعة فصول

الشكل العاشر: طست الغلام وهو بفصلين.

النوع الرابع

في عمل فورات في برك تتبدل في أزمنة معلومة وآلات الزمر الدائم وهو عشرة اشكال:

الشكل الأول: فوارة الكفتين تتبدل في كل زمان معلوم، وهو بفصلين.

الشكل الثاني: فوارتا الكفتين وأنبوب بأربعة مخارج، وهو بفصل واحد.

الشكل الثالث: فوارة العوامتين، وهو بفصلين.

الشكل الرابع: فوارتا العوامتين، بفصل واحد.

الشكل الخامس: فوارة الطرجهار تتبدل في كل زمان، وهو بفصلين.

الشكل السادس: فوارة الكفتين تتبدل في زمان معلوم، وينقسم إلى ثلاثة فصول.

الشكل السابع: آلة الزمر الدائم بالكرتين، وهو بفصل واحد.

الشكل الثامن: آلة الزمر الدائم بالكفتين، وهو بفصل واحد.

الشكل التاسع: آلة الزمر الدائم بالميزان، وهو بفصل واحد.

الشكل العاشر: آلة الزمر الدائم بعوامتين، وهو بفصل واحد.

النوع الخامس

في عمل آلات ترفع ماء من غمرة وبئر ليست بعميقة ونهر جار وهو خمسة اشكال:

الشكل الأول: آلة ترفع ماء من غمرة إلى مكان مرتفع بدابة تدير سهما.

الشكل الثاني: آلة ترفع الماء من غمرة أو بئر بدابة تديرها بفصل واحد.

الشكل الثالث: بركة في وسطها عمود مجوف عليه قرص وعلى القرص تمثال بقرة تدير دولابا بأربعة يرفع من البركة ماء، وهو بفصلين.

الشكل الرابع: آلة ترفع ماء من البئر.

الشكل الخامس: آلة ترفع ماء نحو عشرين ذراعاً، وهو بثلاثة فصول.

النوع السادس

في عمل أشكال مختلفة غير متشابهة، وهو خمسة أشكال:

الشكل الأول: باب من الشبه المصبوب لدار الملك بمدينة آمد، وهو بثلاثة فصول.

الشكل الثاني: آلة يستخرج بها مركز نقط ثلاثة مجهولات الأماكن، وهو بثلاثة فصول.

الشكل الثالث: قفل يقفل على صندوق بحروف اثنى عشر من حروف المعجم، وهو بفصلين.

الشكل الرابع: إغلاق أربعة على ظهر باب واحد، بفصلين.

الشكل الخامس: زورق لطيف يعلم منه مضى ساعة مستوية، بفصل واحد.

وهكذا يتضح من دراسة فصول الكتاب مدى إلمام الجزري بكل الفنون الميكانيكية والهيدروليكية ولذا عُد كتابه أهم مؤلف هندسي وصل إلينا من جميع الحضارات القديمة والوسيطة وحتى عصر النهضة الاوربية. وتبرز أهمية الكتاب في احتواءه على أوصاف دقيقة للآلات الميكانيكية التي ابتكرها الجزري، وكذلك طرائق صنعها، تلك التي مكنت الفنيين من صنعها في عصرنا الحالي.

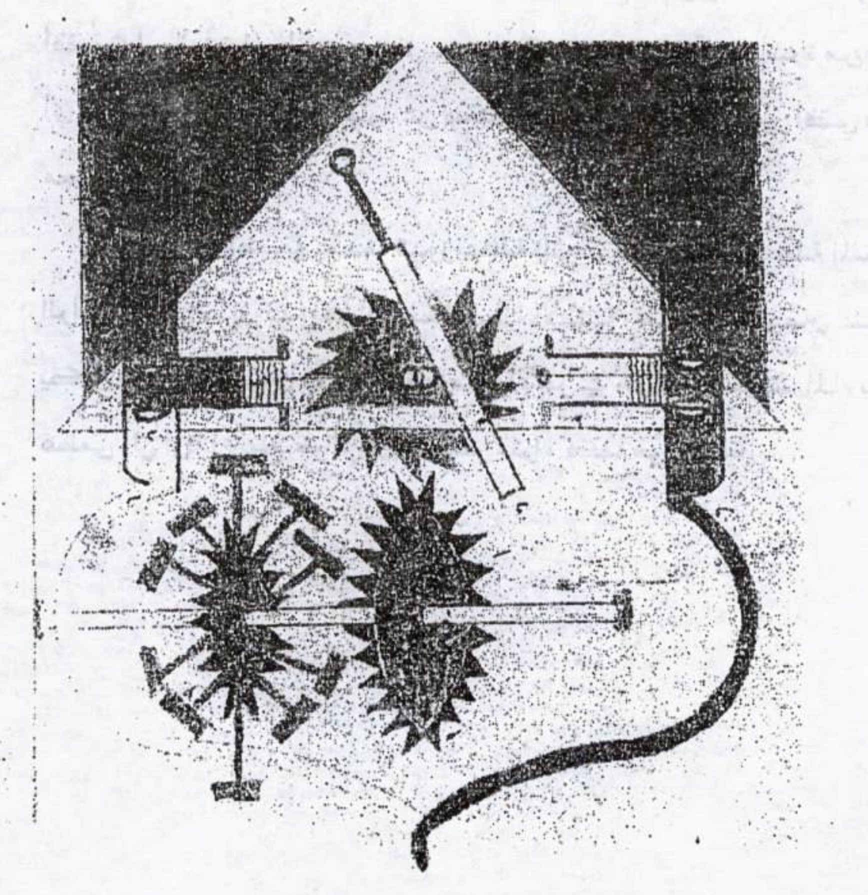
خصص الجزري في كتابة "الجامع بين العلم والعمل النافع في صناعة الحيل" بابا خاصاً لآلات رفع الماء ابتكر فيه ووصف خمسة أنواع ميكانيكية عملت على دفع عجلة علم الهندسة الميكانيكية إلى الأمام.

الآلة الأولى تعد من أكثر الآلات أهمية ودلالة في تطور تقنيات الآلات وهى المضخة الكابسة التي اخترعها الجزري، وهي كما يصفها[1]: عبارة عن مضخة كابسة ذات وسيلتين متبادلتين للدفع، الأولى عجلة ذات ريش أفقية تدار بقوة تيار مائي، ويدخل محور هذه العجلة فى الآلة مباشرة من غير أى تتريس. الوسيلة الثانية عبارة عن عجلة تجديف مثبتة على محور أفقي فوق مجرى الماء.

وتعمل المضخة عندما تدور عجلة التجديف، فتدير العجلة المسننة الرأسية التي تُدير بدورها العجلة المسننة الأفقية، ويتذبذ الإسفين عندما يكون أحد المكبسين في حركة ماصة والآخر في حركة تصريف الماء بقوة عظمى إلى أرتفاع يبلغ حوالي أربعة عشر متراً، كما فى الشكل.

---

(1) الجزري، الجامع بين العلم والعمل النافع في صناعة الحيل، مخطوط اسطنبول، الباب الخامس، الفصل الخامس.



مضخة الجزري الكابسة

ويرجع دونالد هيل أهمية مضخة الجزري إلى ثلاثة أسباب[1]:

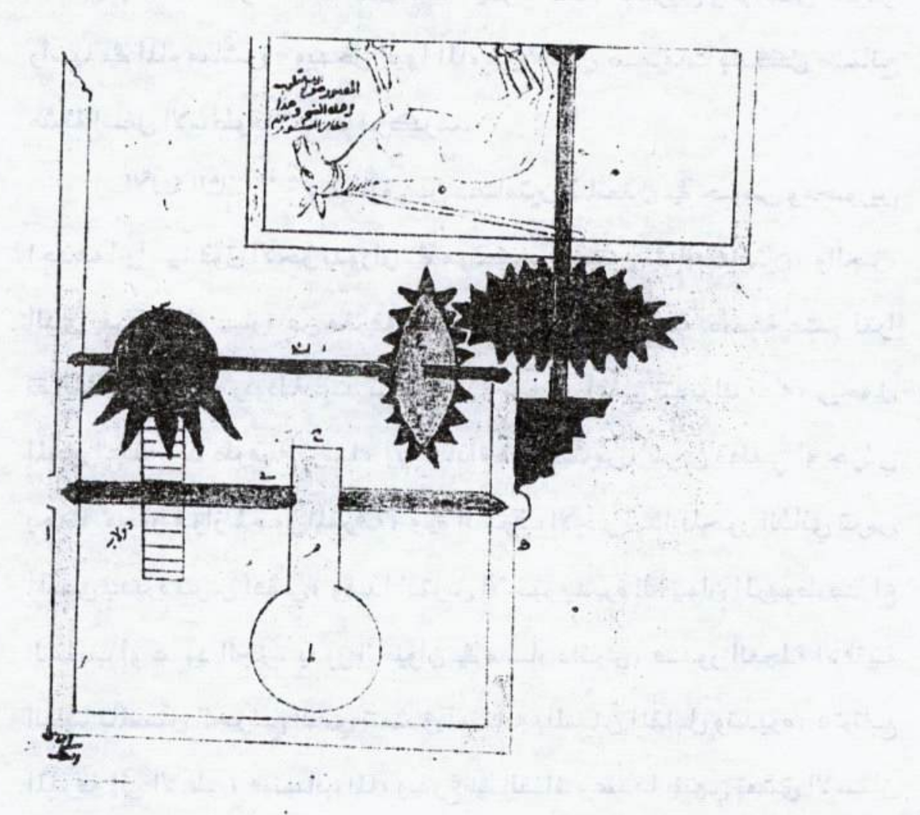
أولها: هي أحد الأمثلة المبكرة لتحويل الحركة الدورانية إلى حركة ترددية متناوبة بواسطة ذراع الشقب.

ثانيها: هي إحدى أقدم الآلات التي تجسد مبدأ الفصل المزدوج.

ثالثهما: هي أول نموذج معروف لحالة مضخة ذات أنابيب إدخال حقيقية (الانابيب الماصة) وكانت المضخات اليدوية عند الإغريق والرومان تغوص رأسيا في الماء مباشرة، ويدخل إليها الماء من خلال صمامات بشكل صفائح مثبتة اسفل الأسطوانات عند مركزها.

الآلة الثانية[2]: عبارة عن دعامتين قائمتين في حوض ومحورين احدهما رأسياً فوق الآخر يدوران في مرتكزين مبيتين في الدعامتين، والجزء الذي يغرف الماء عبارة عن مغرفة كبيرة موصلة بقناة بسعة خمسة عشر لترا تقريباً، والمغرفة مربوطة عند نهاية ذنبها بمحور أفقي تتحرك معه، ويحمل المحور عند أحد طرفيه ترسا، وبمحاذاة هذا الترس، ترس قطعي أو جزئي يحمله محور مواز لمحور المغرفة، وفي الطرف الآخر لهذا المحور الثاني ترس رأسي يديره ترس أفقي، وهذا الترس الاخير يديره الحيوان المربوط بذراع السحب أو عمود الجر، يدور الحيوان في مسار دائري، فتدور العجلة الأفقية العليا بالمسنّن الجزئي الذي تتعشق أسنانه بالمسنن المقابل وتديره، فترتفع المغرفة إلى الاعلى، فينساب الماء ويُفرغ في القناة. وعندما ينتهي تعشق الأسنان الجزئي، ترتد المغرفة ثانية وتنغمر في الماء وتمتلئ للدورة التالية.وهذه صورة ذلك:

(1) دونالد هيل، العلوم والهندسة في الحضارة الإسلامية، صـ 142.
(2) الجزري، النافع بين العمل والعمل .. الباب الخامس الفصل الاول.



الآلة الثانية لرفع المياة

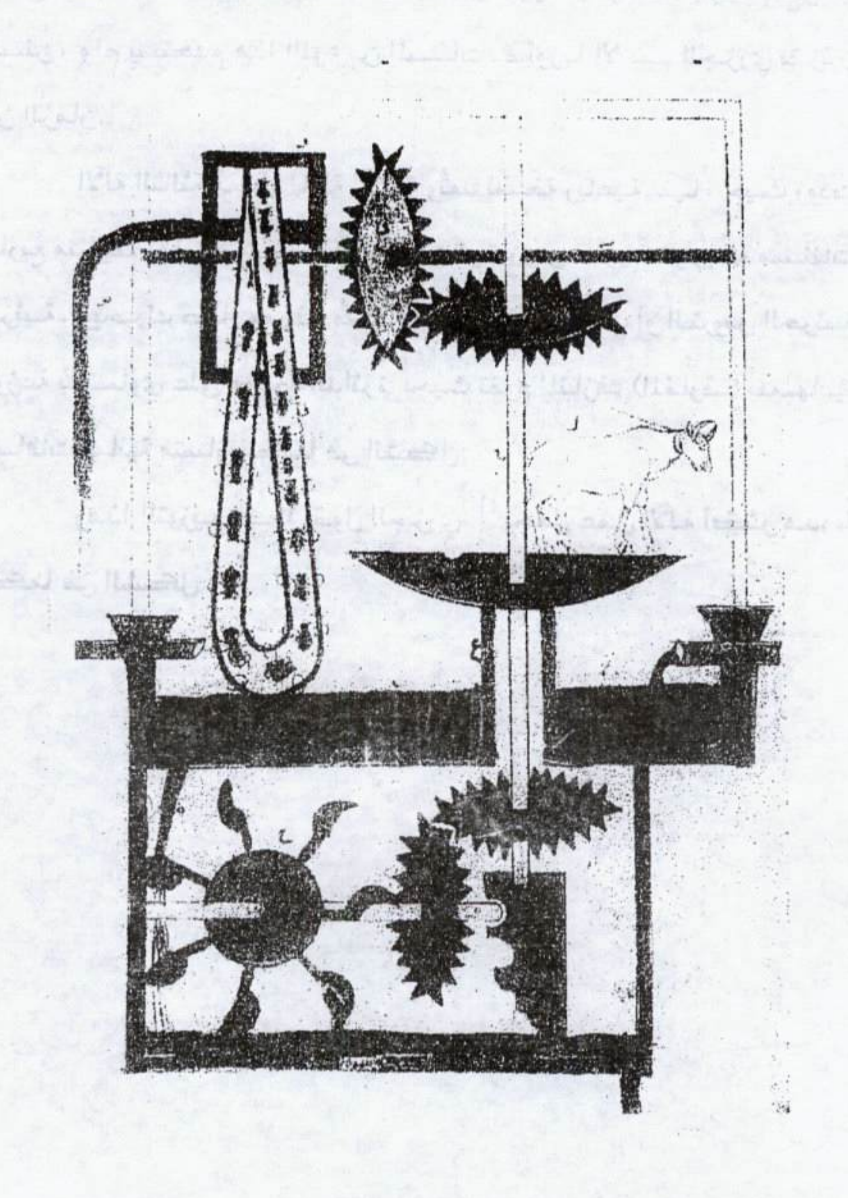
واضح أن هذا الوصف الذي قدمه الجزري لآلة رفع المياة له أهميته في تاريخ علم الهندسة الميكانيكية إذ تضمن لأول مرة وصفا جزئياً للدولاب المسنن، ولم يستخدم هذا النوع من المسننات في أوربا إلا بعد الجزري بقرنين من الزمان.

الآلة الثالثة مماثلة للآلة الثانية وتُعد نسخة رباعية منها، حيث زودت باربع منازف (مغارف) وأربعة مسننات او تروس قنارية، واربعة مسننات جزئية، ويحرك كل مغرفة مُسنّن جزئي، والمسننات أو التروس الجزئية موزعة بالتساوي على محيط الدائرة بحيث تقوم المنازف (المغارف) بعملها في مسافات زمانية متساوية.كما فى الشكل:

وهذا التوزيع كما يقول الجزري[1] يجعل عمل الآلة أكثر هدوءاً ،كما فى الشكل:

---

[1] الجزري، المصدر نفسه، الباب الخامس، الفصل الثاني.



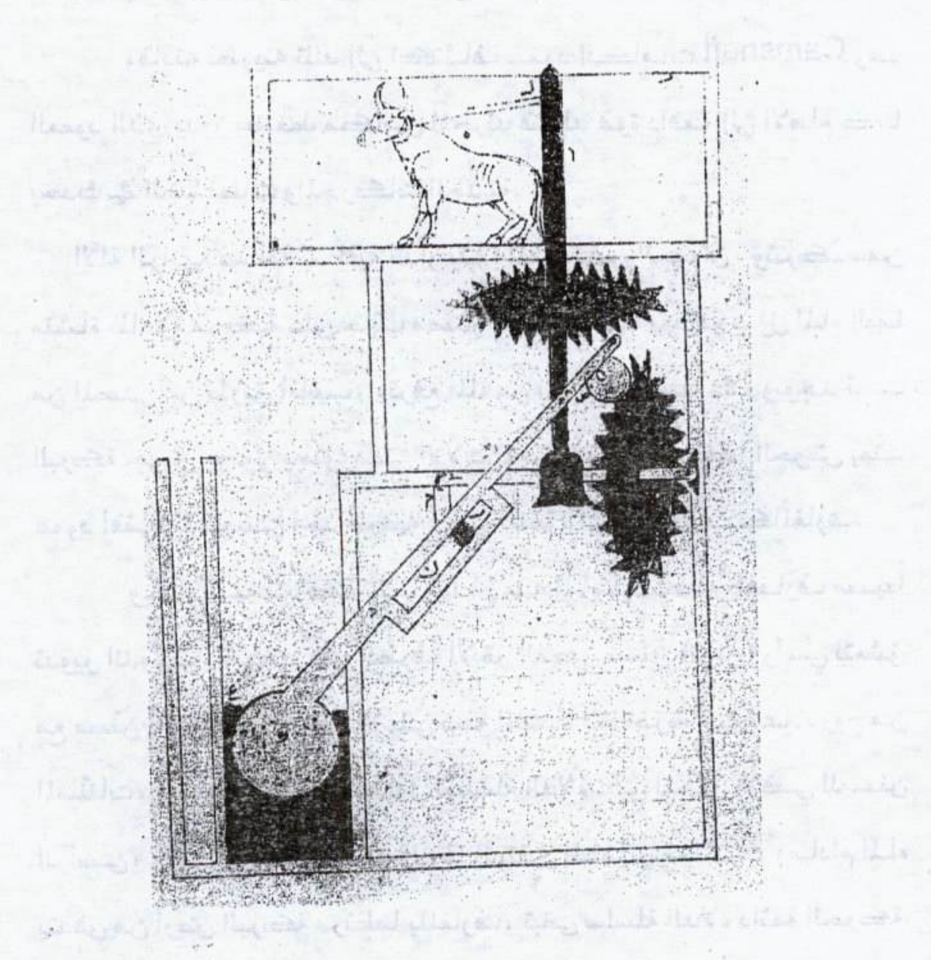
الآلة الثالثة لرفع المياة

ومن هنا يتوصل الجزري إلى اكتشاف قوة الدفع التي تتولد عن الحركة الدائرية، فيضع نظريته الفيزيائية الأهم القائلة "إن الحركة الدائرية يمكنها أن تولد قوة دافعة إلى الأمام".

وقادته نظريته تلك إلى اكتشاف عمود الكامات Camshaft وهو العمود الذي يدور بضغط مكابس المحرك فتتولد قوة دافعة إلى الامام كما يحدث في الضاغطات والمحركات الحديثة.

الآلة الرابعة نسخة لساقية تدار بقوة الماء وليس الحيوان، وتتركب من منشأة ظاهرة مركبة على جانب مصدر الماء، وتحتها بركة ينزل الماء إليها من المصدر عن طريق أنابيب، وترفع الماء من البركة سلسلة دلاء ويوجد تحت البركة حوض مخفي يحتوي على الآلات المحركة، وضمن هذا الحوض يمتد عمود أفقي مثبت على أحد طرفيه دولاب عنقة، اى ذو كفات كالمغارف.

وفي أرضية البركة ثقب يندفع منه الماء ويصطدم بالمغارف مسبباً تدوير الدولاب، ويوجد على الطرف الآخر للمحور مسنن (ترس) رأسي يتعشق مع مسنّن أفقي يمتد محوره الاعلى نحو المنشأة الظاهرة، وفي أعلاه زوج من المسنّنات، يُركب الدولاب الحامل لسلسلة الدلاء على المحور الافقي للمسنن الرأسى، وتصب الدلاء ماءها إلى قناة تنقل الماء إلى مصدره، ومادام الماء يتدفق من أرض البركة مرتطما بالمغارف، تبقى سلسلة الدلاء دائمة الحركة. وهذه صورة ذلك:



الآلة الرابعة لرفع المياة

الآلــة الخامســة اسـتخدم فيهـا الجـزري لأول مـرة في تـاريخ الهندسـة الميكانيكية آلية المرفق والكتلة المنزلقة Scotchgoke Mechanism التي تحول الحركة الدورانية إلى حركة ترددية خطية.

والآلة تتركب من عارضة أو ذراع سحب يدير محوراً رأسياً بواسطة حيوان، ويوجد على هذا المحور عجلة مسننة معشقة بزوايا قائمة مع عجلة ثانية مثبتة على محور أفقي مزوّد بذراع تدوير (كرنك) لنقل الحركة، يدخل الطرف الحر لذراع التدوير في شقب (فتحة) بذراع طويل تحت قناة المغرفة التي تنغمر مغرفتها في الحوض، وأثناء تحرك الحيوان في مسار دائري يدار المحور الأفقي بواسطة التروس، وترتفع المغرفة وتنخفض بفعل طرف الكرنك في ذراع الشقب.

ويقول دونالدهيل[1]: يُعد هذا النموذج أول دليل لدينا على أستخدام الكرنك Cramk بوصفه جزءاً من الآلة.

---

(1) العلوم والهندسة في الحضارة الإسلامية م.س، صـ 139.

الساعات

الساعة المائية

تضمنت الساعة المائية الضخمة التى وضعها الجزرى كل الطرق والأساليب الفنية المستخدمة فى مثل هذا النوع من الساعات تتكون هذه الساعة[1] فيما يشبه بيتا يرتفع عن الأرض حوالى 3,3م ويظهر فى أعلاه نصف دائرة تعرض ستة بروج فى آن واحد من مجموع اثنى عشر برجاً، واسفل دائرة البروج يوجد اثنا عشر بابا لكل باب مصراعان أسفلها اثنا عشر بابا قوامها مصراع واحد تشكل افريزا يتحرك على بدايته قرص حركة أفقية، وإلى الجانبين أسفل الإفريز توجد حنّية تشبه المحراب فيها طائر واقف على رجليه باسط جناحيه وأمامه قنديل. وبين الحنيتين توجد اثنتا عشرة فتحة دائرية الشكل مغطاه بالزجاج ومرتبة على شكل نصف دائرة مُحذبها إلى أعلى، تظهر فيها أقمار ليلاً، ويلى تلك الدائرة باب كبيرة من الخشب طولها 1,4متراً، وعرضها متراً واحداً، وأسفل الباب صور طبالين وبواقين وصنّاج.

ويتم تشغيل الساعة هكذا[2]: القرص الذى يتحرك فى الإفريز حركة خفيفة منتظمة حينما يكون فى المسافة الكائنة بين بابين يعمل على قلب أحد الأبواب المجاورة للقرص بحركة محورية، وعلى وجه آخر ملون بلون مختلف عن سابقه، وكذلك تحدث فى صف الأبواب العليا حركة تعمل على فتح باب يعلو الباب المنقلب فى الأسفل، ثم يخرج من بين مصراعى الباب العليا شخص يتطلع إلى الامام، وفى أثناء تلك الحركة ينقض الطائران حتى يقاربا القنديلين ويطرحان من منقاريهما كرتين إلى القنديلين، فينشأ عن ذلك صوت يسمع من بعيد، ثم يعود الطائران إلى مكانهما. وعندما تعلن

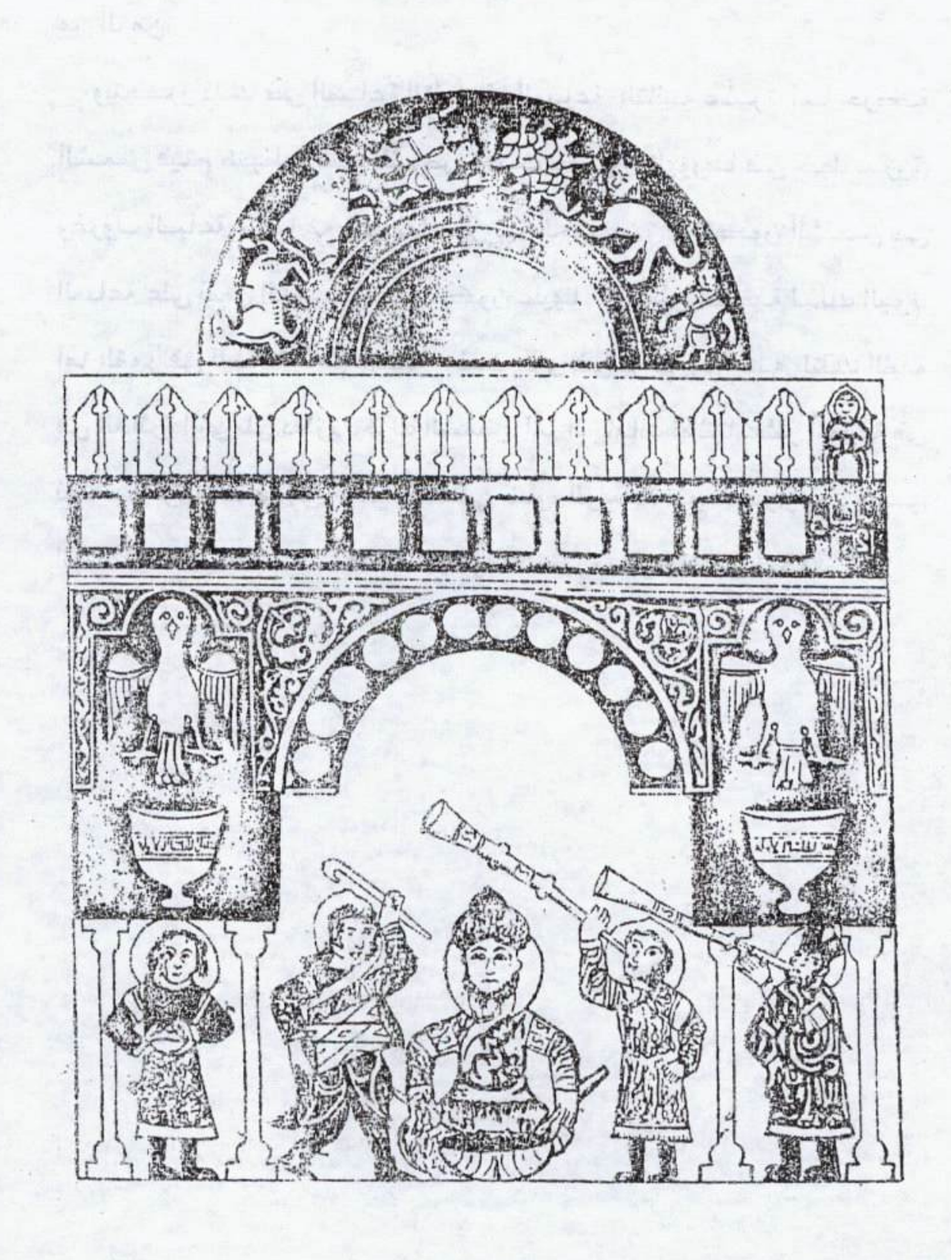
---

(1) الجزرى، الجامع بين العلم والعمل.. مخطوط اسطنبول ص8.

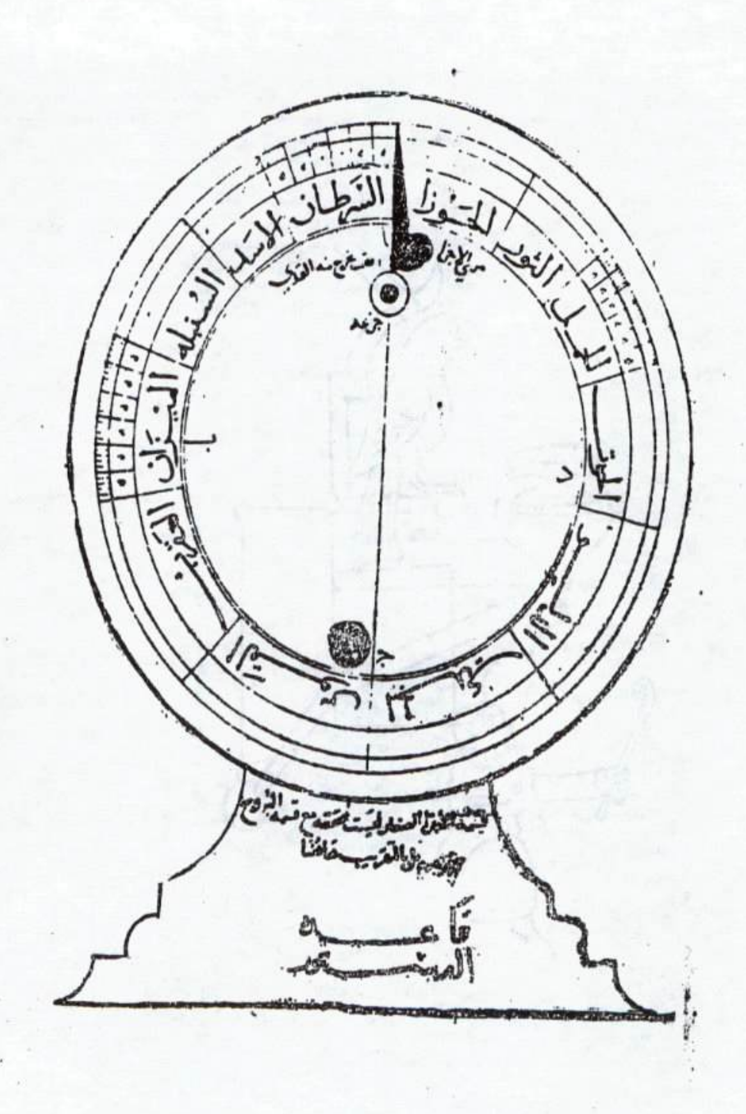
2 الجزرى، المصدر نفسه، ص9،8.

الساعة السادسة يطبل الطبالون ويبوّق البواقون ويلعب الصناج بالصنج لفترة من الزمن.

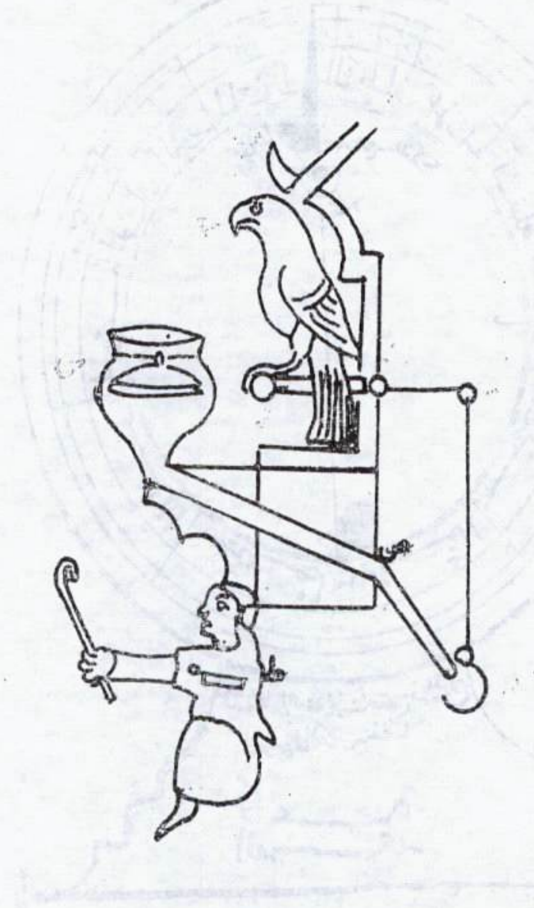
ويتكرر ذلك فى الساعة التاسعة والساعة الثانية عشرة. أما حركة الشمس فيتم ضبطها على القرص بحيث يكون ظهورها فى خط شروق وغروب الساعة متفقاً مع شروقها وغروبها الحقيقين، أى تكون الشمس فى الساعة على نفس الدرجات التى تكون عليها الشمس حقيقية لذلك اليوم. أما القمر فى الساعة فيتم ضبطه بحيث يرى فى برجه ودرجاته لتلك الليلة فى الدائرة التى تلى دائرة تحرك الشمس. أما الجامات الاثنتا عشر الموزعة فى نصف دائرة محدبها إلى أعلى، فتمتلئ ضوء الواحدة تلو الأخرى بعد مضى الساعات حتى انقضاء ساعات الليلة. وهذه صورة ما وصفته واضحة:



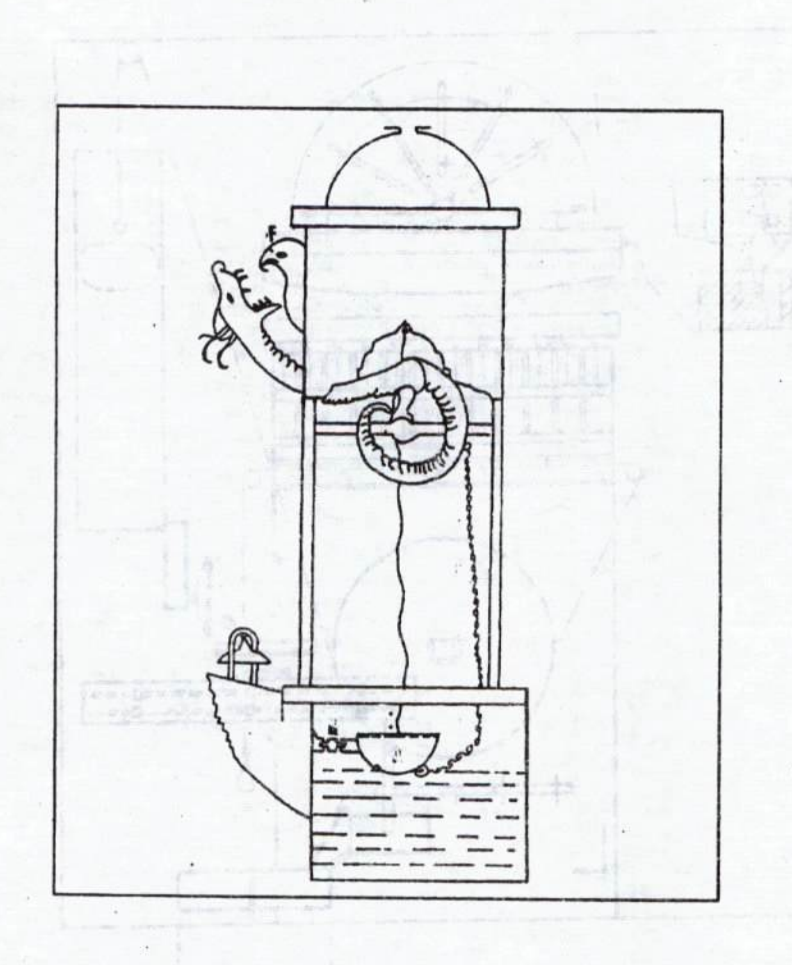
واجهة الساعة



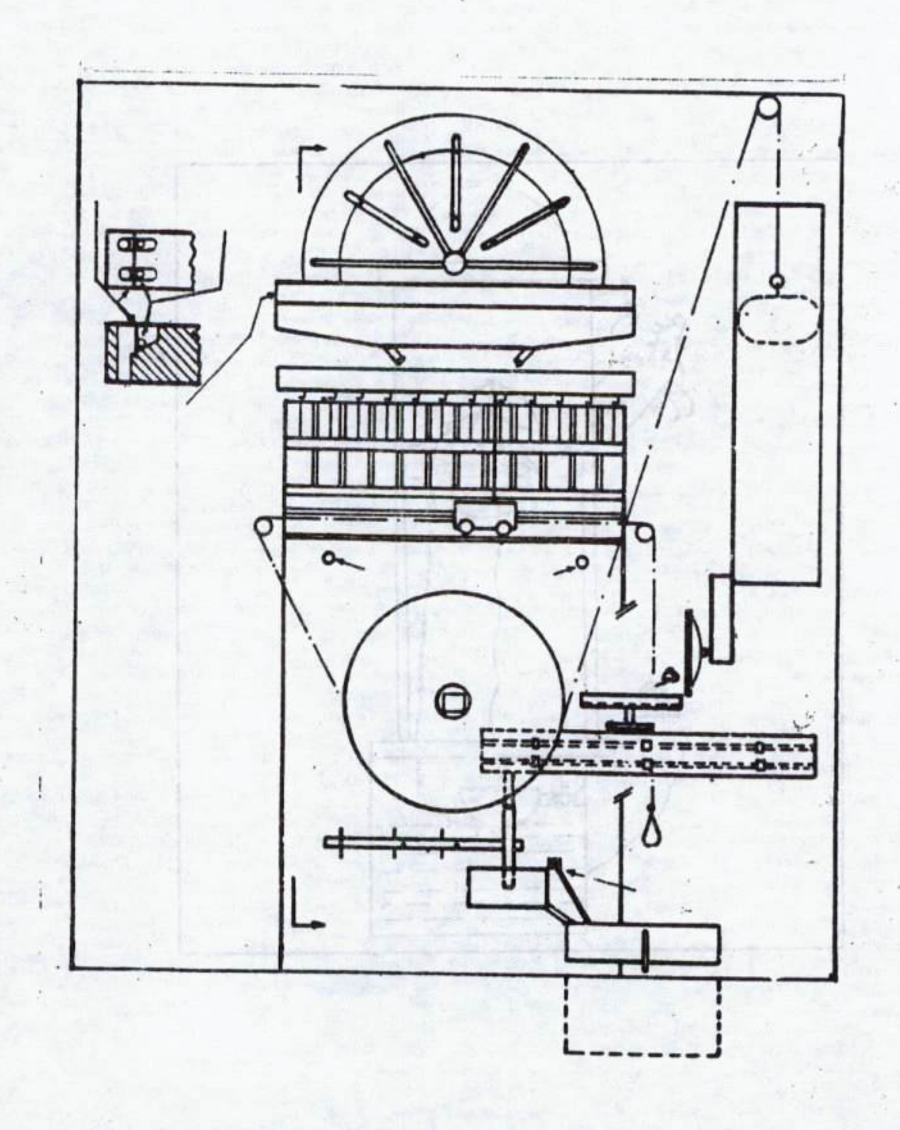
دستور الساعة



ممرات الكرات



الآلية المائية فى الساعة



أجزاء الساعة الداخلية

بعدما درس دونالدهيل هذه الساعة وشاهدها على صورة فاكسميلى بالمقياس الطبيعى، فلاحظ أنه لم يكن ممكنا أن يكتشف بالعين المجردة أى تغير فى المستوى بغرفة العوامة، فقال: هذه فكرة عبقرية لأول مثال معروف للتحكم بالتغذية الاستردادية Feed-back control. فهذه الساعة التى اخترعها الجزرى ما زالت تثير اعجاب المشاهدين لها ودهشتهم، فهى ساعة مائية دقاقة تحدد الوقت وتقدم إشارات تقوم بأدائها دُمى، لدوران دائرة البروج، وتعاقب الشمس والقمر فى فكلهما المستمر.

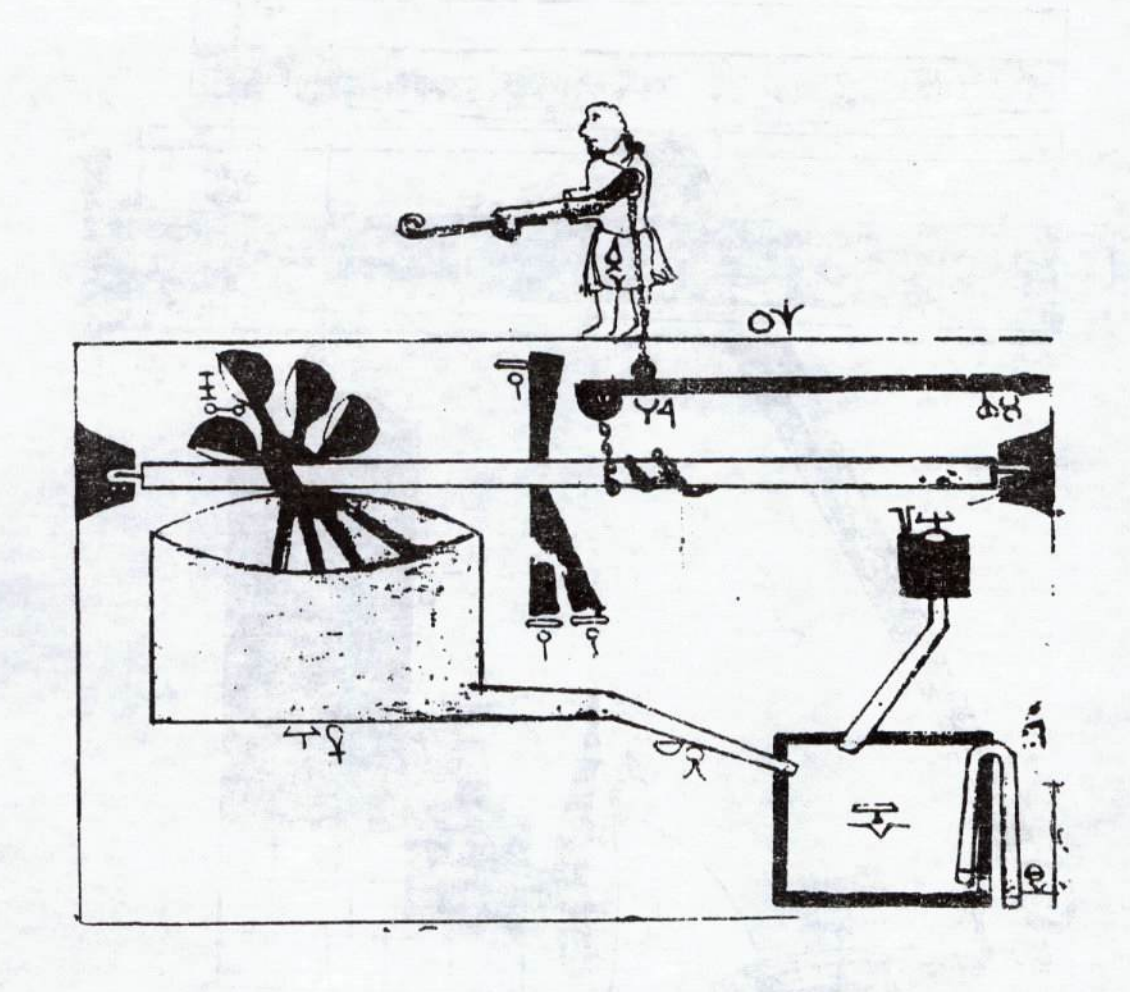
ساعة الطبالين

الساعة الثانية[1] التى اخترعها الجزرى لقياس الساعات الزمانية، وهى تماثل الساعة الأولى من حيث عناصر الواجهة والآلات الداخلية، إلا أنها أبسط منها، فيبلغ ارتفاع نموذجها زهاء خمسة أمتار، وفى أسفل الواجهة دكة ارتفا عها مترونصف، ويشّخص فوقها جوق موسيقى يتألف من بواقين اثنين إلى اليسار ورجلين يحملان الصنج، ويتوسط المشهد الكلى ثلاثة طبالين الأوسط فيهم جالسا وبيديه نقارتان، ويعلوه محراب يشخص فيه طائر أسفله قنديل. وفوق المحراب إفريز يضم أثنتا عشرة شرفة يتحرك خلفها شخص جالس يؤشر باصبع يده اليمنى باتجاه الشرفات، ويقطع الشخص بحركته شرفة واحدة كلما مضت ساعة زمانية. وفوق مستوى رأس الشخص المؤشر يوجد أثنتا عشرة دائرة نافذة مغطاة بالزجاج الشفاف. ويتوج المشهد كله دائرة البروج والشمس والقمر.

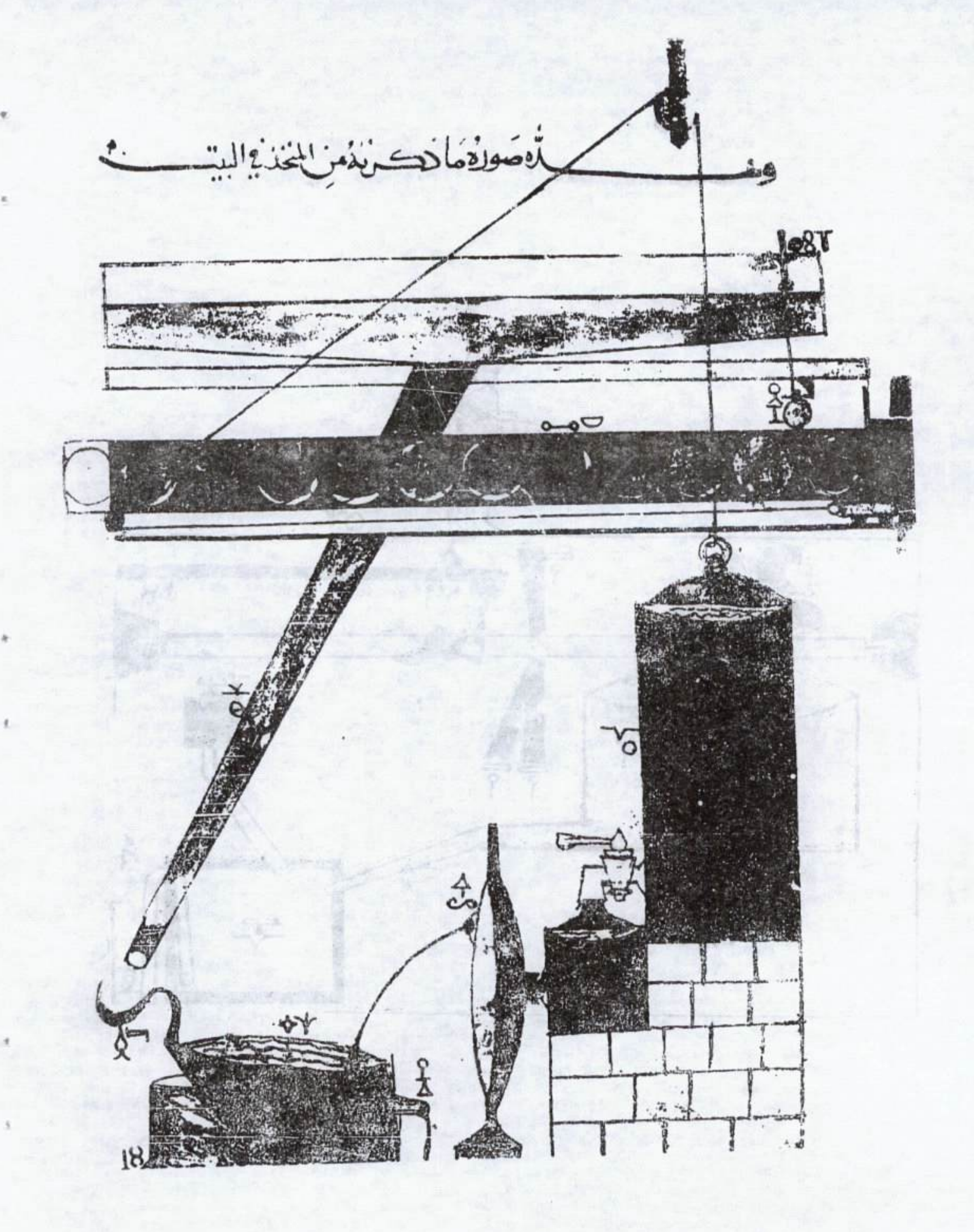
وتتميز هذه الساعة بأن الموسيقين يعزفون بألحانهم عند مرور كل ساعة، كما أن الشخص الجالس خلف الإفريز لا يتوقف عمله أثناء الليل، ويستمر الطائر بالقاء الكرات، وتستمر الموسيقى فى عزفها ليلاً ونهاراً فى حصة الوقت المقررة لها.

---

[1] راجع، الجزرى، المصدر نفسه، ص60.



الوسائط المحركة لأيدى الطبالين والصُنّاج وآلة البوقين



الأجزاء الداخلية للساعة

ساعة الفيل

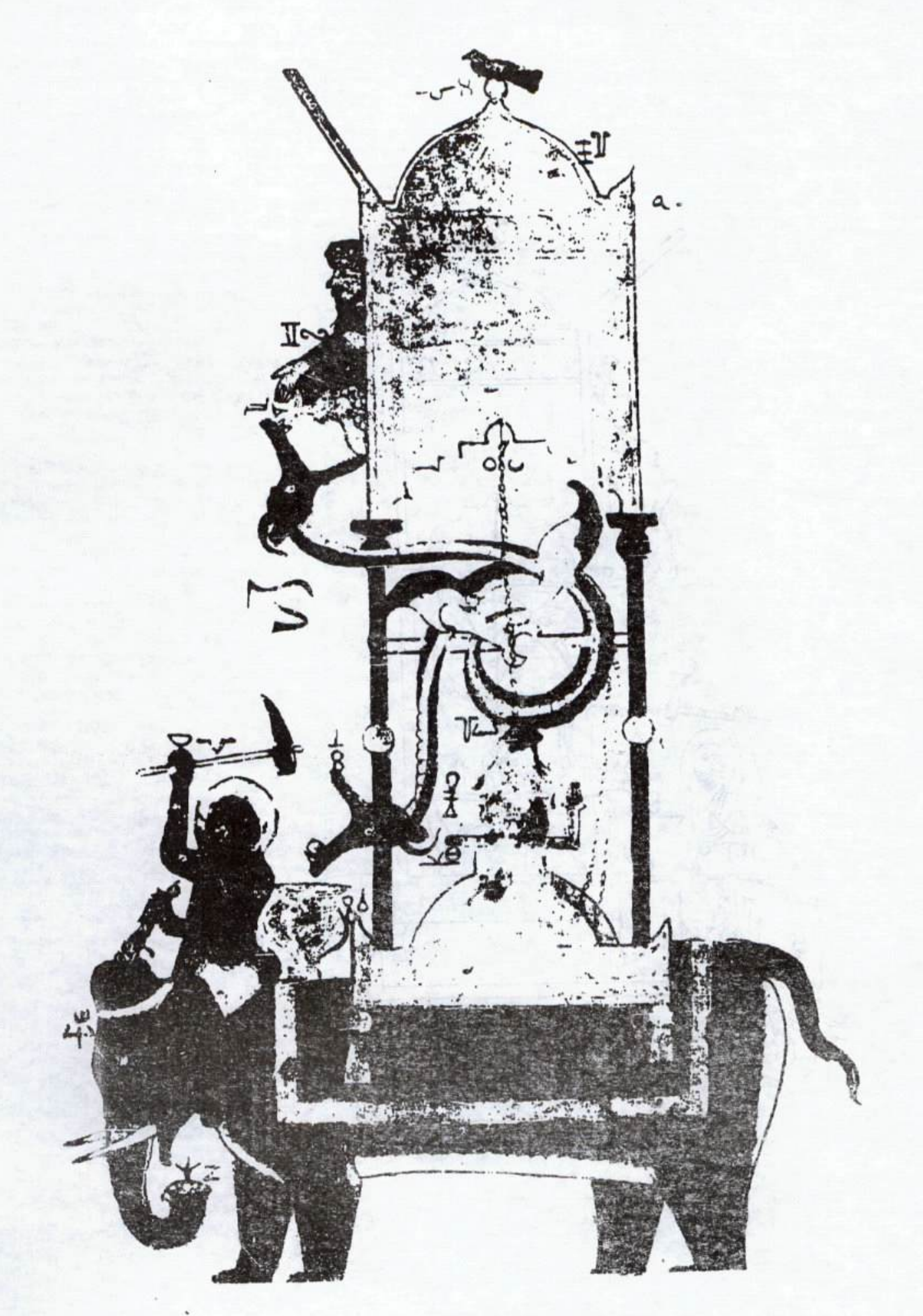
تعد هذه الساعة من بدائع ما صنع الانسان إلى اليوم، وهى ساعة على شكل فيل، تعمل بواسطة نظام ماء متدفق مخبأ فى بطن الفيل. وصنع الجزرى الفيل بطريقة هندسية مبتكرة، إذ قسمه إلى ستة أجزاء، كل جزء يحمل عناصر ثقافة معينة وهى الفرعونية والصينية والهندية والإغريقية والإفريقية والعربية والإسلامية. وتُعد ساعة الفيل فى نظر الغربيين تحفة هندسية نادرة، ومن أبرع ما اخترع الإنسان، إضافة إلى أنها نسخة مبكرة لمفهوم التلاقى والتعدد الحضارى. ولقد صنعت نسخ عديدة من هذه الساعة الإسطورية، ومنها نسخة صُنعت خصيصاً لمتحف فى سويسرا متخصص فى تاريخ تطور آلات قياس الوقت، ونسخة فائقة الدقة فى جامعة الملك سعود. ويصف الجزرى ساعاته فيما يلى[1]:

الشكل الرابع من النوع الأول وهو فنكان (ساعة) الفيل يُعرف منه مضى الساعات المستوية، وذلك أنى صنعت أشكالاً كثيرة من الفناكين بالطرجهار مختلفة الأوضاع فى أوقات متباينة وجمعتها أخيراً فى فنكان واحد وهو فنكان الفيل، وأصف صورته هنا: هو فيل مكمل، وبين كتفيه رجل كفيال راكب، بيده اليمنى فأس مرتفعة عن رأس الفيل وفى يده اليسرة مدّق موضوع على رأس الفيل، وعلى ظهر الفيل سرير ثابت مربع الشكل، وفى كل ركن من ركانه عمود، وتحمل الأعمدة الأربعة قصراً مكعباً تقريباً تعلوه قبة عليها طائر. وفى واجهة القصر روشن (جزء بارز) يتربع عليه شخص إلى يمينه ويساره رأسا طائرين خارجين من كوتين فى القصر، وقد وضع الرجل يده اليمنى على منقار البازى الأيمن كأنه يمنعه

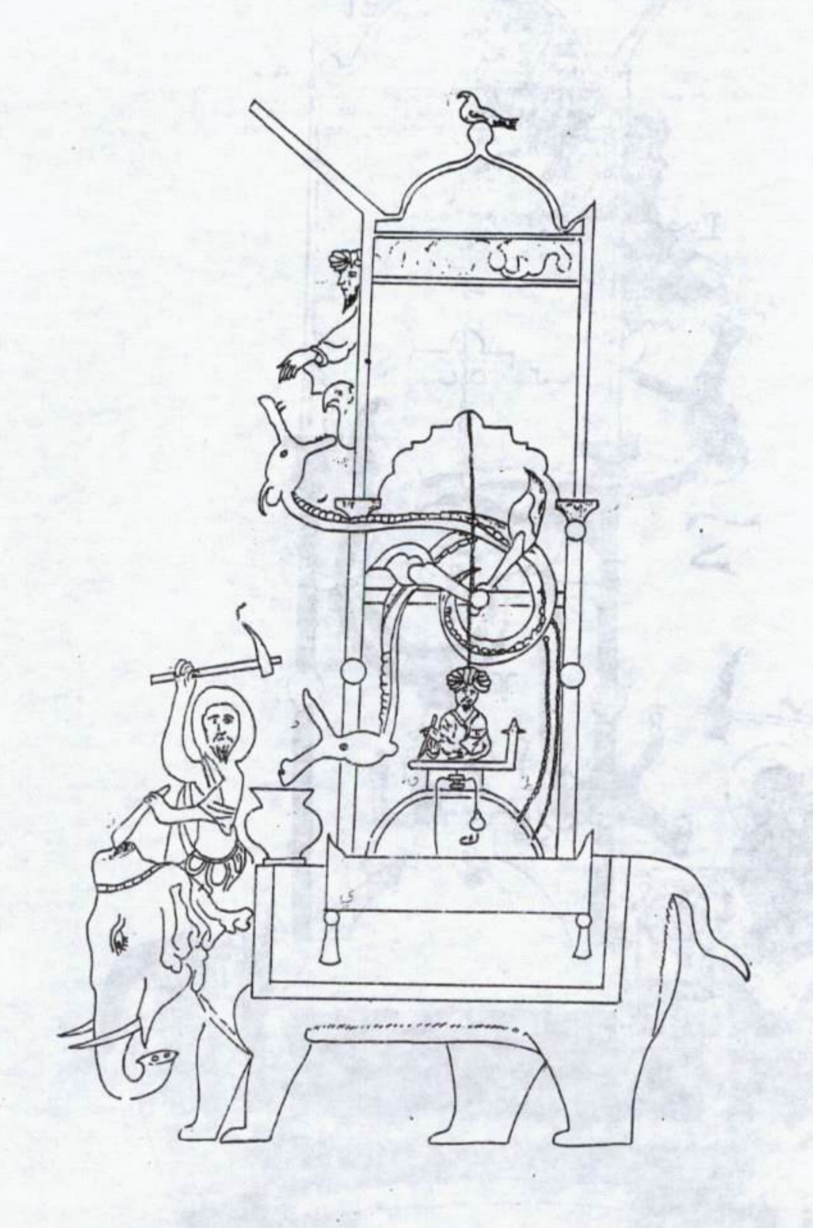
---

(1) الجزرى، الجامع بين العلم والعمل النافع فى صناعة الحيل، مخطوط اسطنبول، ص88.

من فتح منقاره، وقد وضع فخذه اليسرى ورفع يده اليمنى عن منقار البازى الأيسر، وفى أعلى وجه القصر دائرة محدبها إلى فوق، وعلى محيطها خمسة عشر ثقباً سعة كل ثقب الدرهم المتوسط، وهذه الثقوب مستورة من داخل القصر بحلقة مستديرة مرقة كاملة من فضة نصفها أبيض ونصفها أسود وأسفل الثلث الأول من أعلى الأعمدة محور معارض، وعند منتصفه ثعبانان قد لزم كل واحد منها المحور بذنبه، وأدار ذنبه حول المحور ورفع رأسه ملتفتاً وفتح فاه كأنه يلتقم رأس البازى. وعلى وسط السرير مكبة كهيئة دكة مستديرة، وعلى الدكة رجل جالس وفى يده قلم، وبين يديه على أرض الدكة خط قوس من دائرة مقسوم سبع درجات ونصف درجة. وهذه صورة فنكان الفيل:



ساعة الفيل (صورة المخطوط)



ساعة الفيل (رسم توضيحي)

وتعمل الساعة[1] عندما تكون الثقوب فى أول النهار مستورة بالسواد فيبدأ رأس قلم الكاتب خارج أعداد الدرجات يسير سيراً منتظماً شمالاً حتى يوافى أول درجة، فيكون الماضى من النهار درجة من خمس عشرة درجة من ساعة مستوية، وكذلك حتى يأتى على سبع درجات ونصف وهى نصف ساعة، فحينئذ يصفر الطائر على القبة ويدور دورات ويبّيض من الثقوب نصف ثقب، ويرفع الشخص الجالس فى واجهة القصر يده عن منقار البازى الأيمن ويستوى جالساً على فخذه اليسرى، ويضع يده اليسرى على منقار البازى الأيسر، وتخرج من منقار البازى الأيسر بندقة إلى فم الثعبان الأيمن وينزل بها ببطء حتى يقارب رأسه القدح الأيمن المتخذ على كتف الفيل، فيلقى البندقة فى القدح ثم يرتفع إلى مكانه، فيضرب الفيال رأس الفيل بيده اليمنى ضربة واحدة بالفأس وكانت مرتفعة، ويرفع يده اليسرى بالمدق ويضرب بها رأس الفيل وترتفع يده اليمنى إلى ما كانت عليه بالفأس وتبقى بحالها، و تخرج البندقة من صدر الفيل وتقع على مرآة معلقة ببطن الفيل فيسمع صوتها، ثم تستقر فى حوض بين يدى الفيل وهو مسطح الأرض منكس إلى ناحية رأس خرطوم الفيل، وقد رجع الكاتب بسرعة يمنياً ورأس قلمه تؤشر على أولى الدرجات وبتكرار العمل لنصفى ساعتين متتاليتين يتكامل بياض ثقب واحد بينما تكون بندقتان قد اختفتا إلى الحوض. وهكذا حتى تكتمل تباعاً ساعات الليل والنهار.

---

[1] الجزرى، المصدر نفسه، ص91.

ساعات الشمعة

اخترع الجزرى بنبوغ واضح أدق ساعة شمعية في التاريخ، حيث احتوت على تقنية الحركة الذاتية، وذلك عن طريق شمعة وضعت على صحن خفيف تحتع اسطوانات، وكلما احترقت الشمعة وخف وزنها دفعت الاسطوانات الصحن إلى أعلى بشكل مستمر. فلقد استخدم الجزرى فى ساعات الشمعة تقنية لم يسبقه إليها أحد ولا تزال مستخدمه إلى يوم الناس هذا، وهى تقنية توصيل الأجزاء بطريقة الفحل والأنثى Male female connec or.

كما تقدم ساعة الشمعة فكرة ما يُعرف اليوم بـ stop watch ستوب ووتش لقياس الزمن الذى تستغرقه عملية ما.

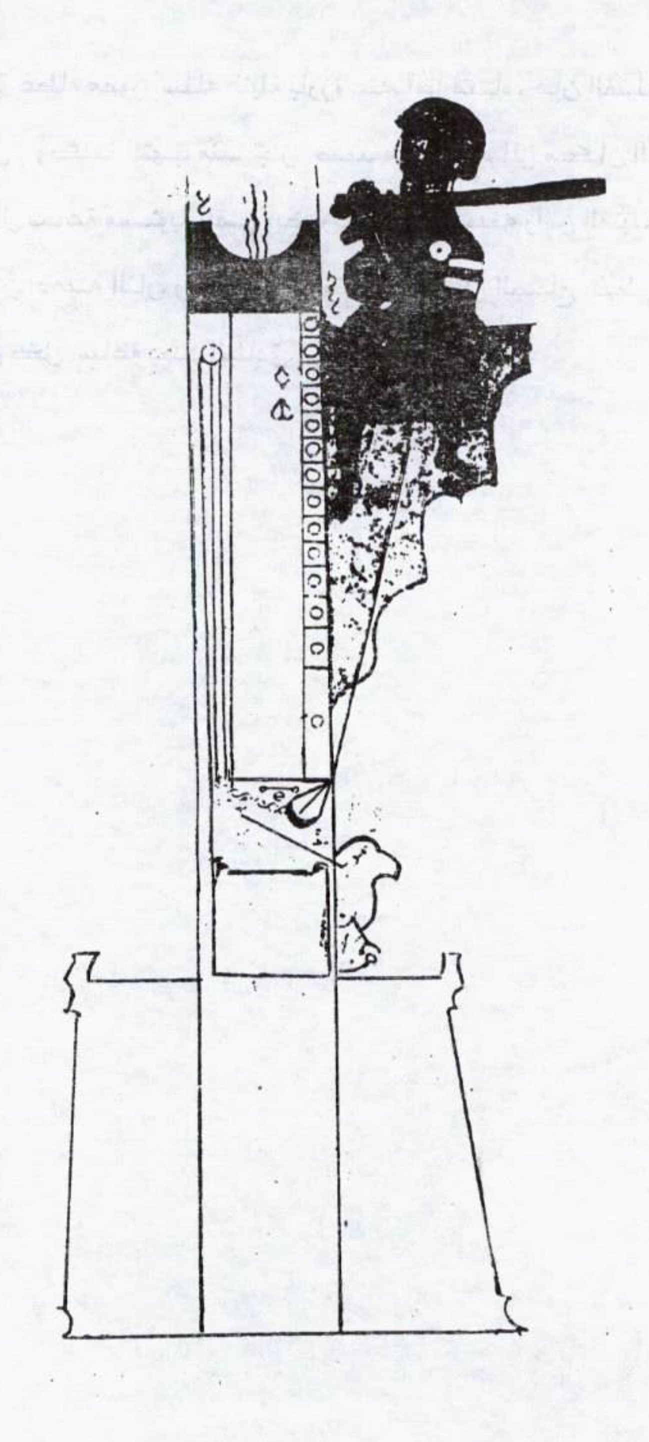
اخترع الجزرى ووضع عدة نماذج لساعات الشمعة التى تجذب الانتباه حتى اليوم، وذلك على مقياس أصغر من الساعات المائية، ومنها مايلى:

ساعة السيّاف

يستفاد من هذه الساعة معرفة الساعات المستوية. وهذه تختلف عن الساعات سالفة الذكر بكونها تعمل بالشمع بدلاً من الماء وتعمل الساعة من[1]: الشبه على هيئة مستطيل الشكل وعليه غلاف من الشبة، وقرب الجزء الأسفل منه طائر جاثم مؤخر رأسه وظهره نحو الغلاف وقد بسط جناحيه. وفى أعلى الغلاف ودون رأسه ما يشبه الرف ويكاد يكون مثلثا قائماً لولا الحلية الموجودة فى موضوع الوتر. ويبرز الضلع الأفقى عن الغلاف ويجلس عليه غلام وقد أدلى رجليه، وبيده اليمنى سيف بوضع معارض على صدره، ويده اليسرى على القسم العلوى من المثلث، وفى الغلاف شمعة، وعلى

[1] الجزرى، المصدر نفسه، ص144.

رأس الشمعة غطاء مقور أسفله فتيلة بارزة عنه. أما معناه، فإن الفتيلة تشعل من أول الليل، وكلما التهب منها جزء صعد منها جزء إلى مكان الذاهب، وعند كمال ساعة مستوية يلقى ويضرب الغلام بسيفه رأس الفتيلة فيلقى عنها ما كان أذهبته النار. وكذلك فى كل ساعة إلى الصباح فيُعلم الماضى من الليل من كل ساعة بعدد البنادق.



ساعة السياف (صورة المخطوط)

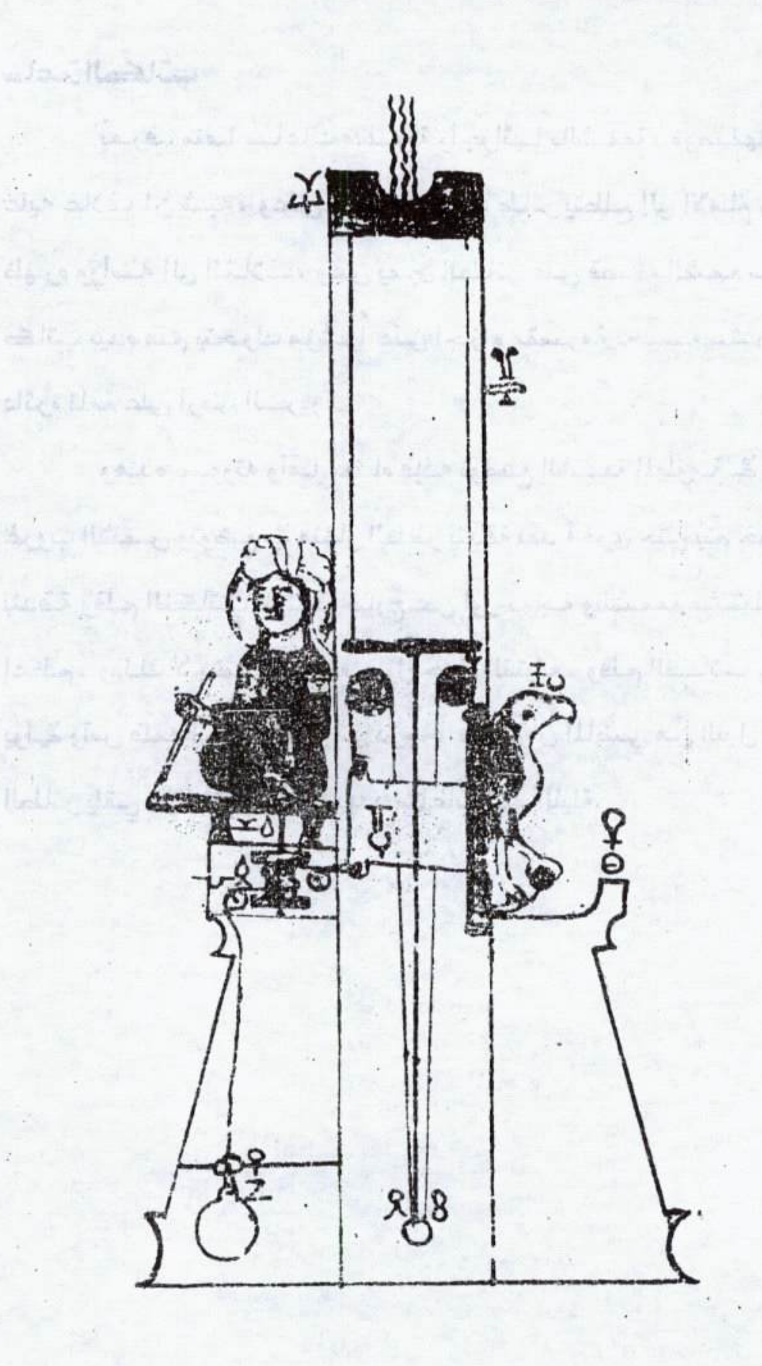
ساعة الكاتب

يُعرف منها ساعات مستوية وأجزائها بالشمعة، ووصفها[1]: شمع عليه غلاف لمن شبه، وعلى اسفل الغلاف طائر يتطلع إلى الإمام وقد اسند ظهره ورأسه إلى الغلاف، وعن يمين الطائر على قصعة الشمع سرير عليه كاتب بيده قلم يتحرك مؤشراً على اجزاء مقسومة بخمسة عشر قسما في دائرة تامة على أرض السرير.

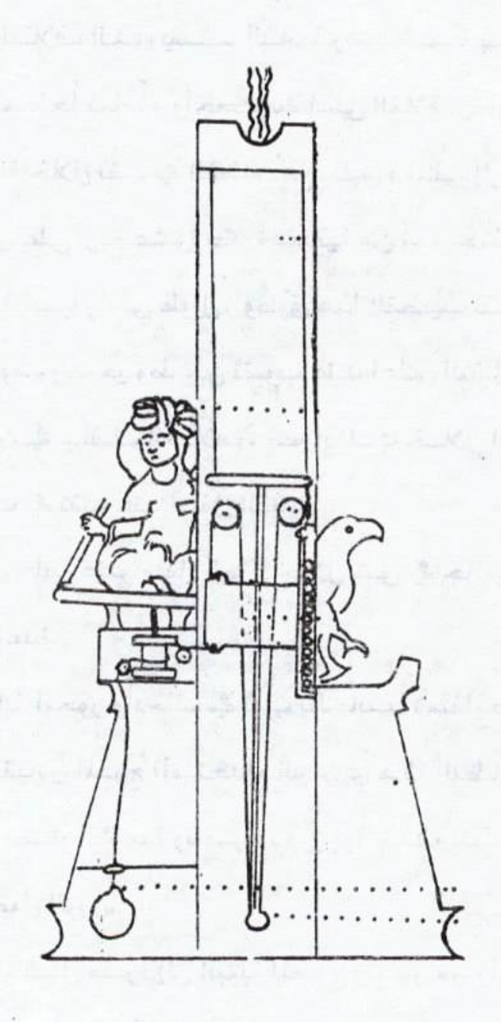
وهذه صورته وأما معناه فإنه توضع الشمعة المعلومة في الغلافعند غروب الشمس وتوضع في منقار الطائر بندقة بعد أخرى حتى يتم خمس عشرة بندقة وقلم الكاتب حينئذ خارج عن اول درجة والشمعة مشتعلة وليهيبها اعظم، وذلك لاجتماع الشمع حول حول الفتيلة، وقلم الكاتب يسير حتى يوافي رأس قلمه أول علامة وهي درجة، فيعلم ان الماضي من الليل درجة فإن الطائر يلقي من منقاره بنادق بعدد ساعات تلك الليلة.

---

(1) الجزري، المصدر نفسه، صـ 151-152.



ساعة الكاتب (صورة المخطوط)



ساعة الكاتب (رسم توضيحي)

وفي وصف ميكانيكي غربي حديث لهذه الساعة الميكانيكية المبدعة يقول دونالدهيل[1]: كانت أوصاف الشمعة محددة تماماً بالحجم والوزن، وحتى الفتيلة.

كان الغلاف مكشوفاً جزئياً، والجزء الخفي بداخل قاعدة مجوفة تم إعداد غطاء الغلاف الذي يستند إليه طرف الشمعة بطريقة آلية على مخرطة ليكون مسطحاً تماماً، وأحكم في اعلى الغلاف بقاعدة سنانية.

تبرز الفتيلة خلال ثقب في الغطاء دُفع بطبق معدني إلى أسفل الشمعة، وعُلقت قناة تحتوي على أربع عشرة كرة معدنية من احد جانبي هذا الطبق، ولحُم في مركزه قضيب رأسي طويل، وطوّق هذا القضيب ثقل من الرصاص به قناة واسعة، ومُررت خيوط من ثقوب عند اعلى الثقل فوق بكرتين صغيرتين مثبتتين في جانب الغلاف، ثم أُنزلت خلال القناة في الوزن (الرصاص) وربطت في ثقب عند أسفل القضيب.

تم توصيل حلقة عند أسفل الوزن خلال شق في جانب الغلاف بنظام البكرة داخل القاعدة.

سُويت نهاية المحور وأُدخلت في ثقب بالجانب الأسفل كنموذج كاتب يوازن قلمه على المقياس المدرج (أستخدام الجزري هذا النظام عدة مرات في ساعاته)، عندما تضاء الشمعة وتحترق تدريجياً يندفع الطبق الموجود على طرفها إلى أعلى بفعل الوزن.

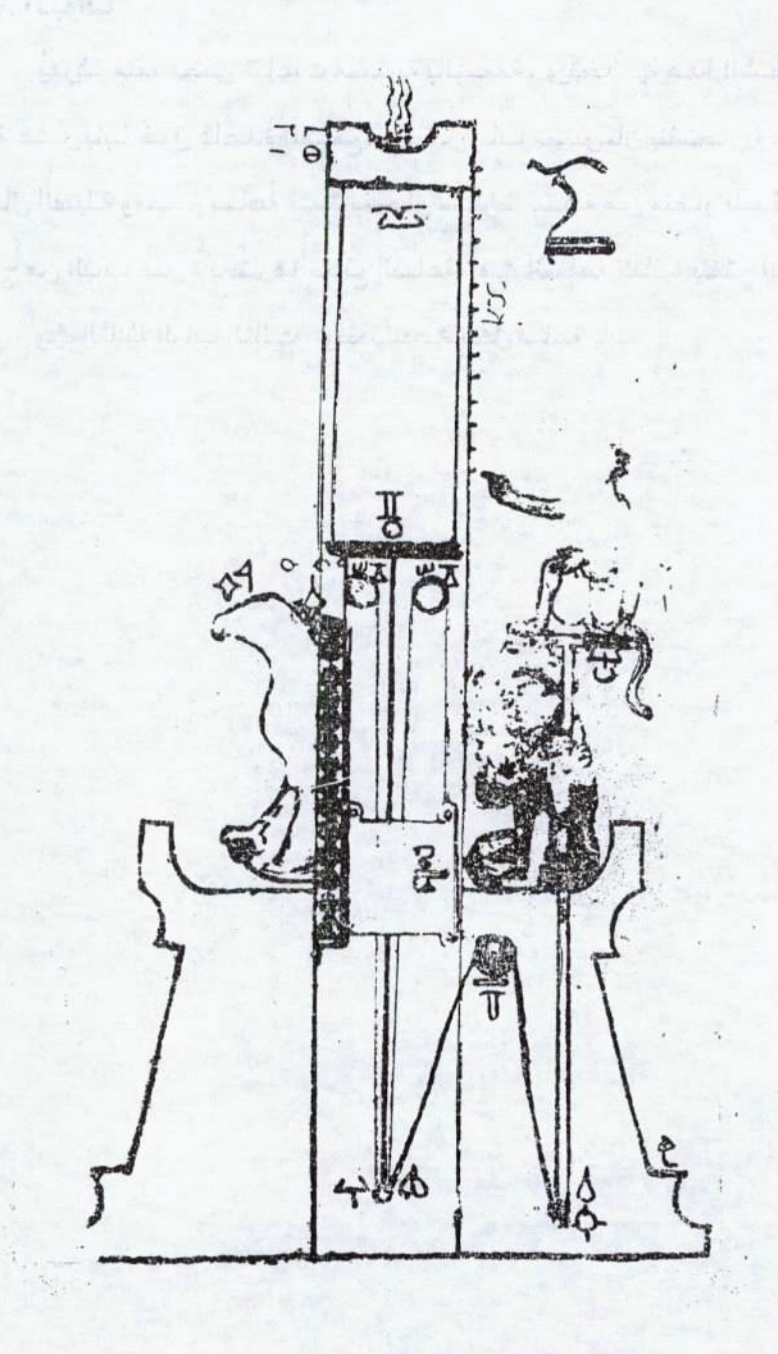
كل ساعة تصل كرة إلى انبوبة المخرج وتظهر من رأس الصقر، أما قلم الكاتب فيُعلّم المرور أو الزمن كل أربع دقائق، يتجمع الشمع في التجويف في مركز قمة الغطاء حيث يزال تدريجياً عن هناك.

---

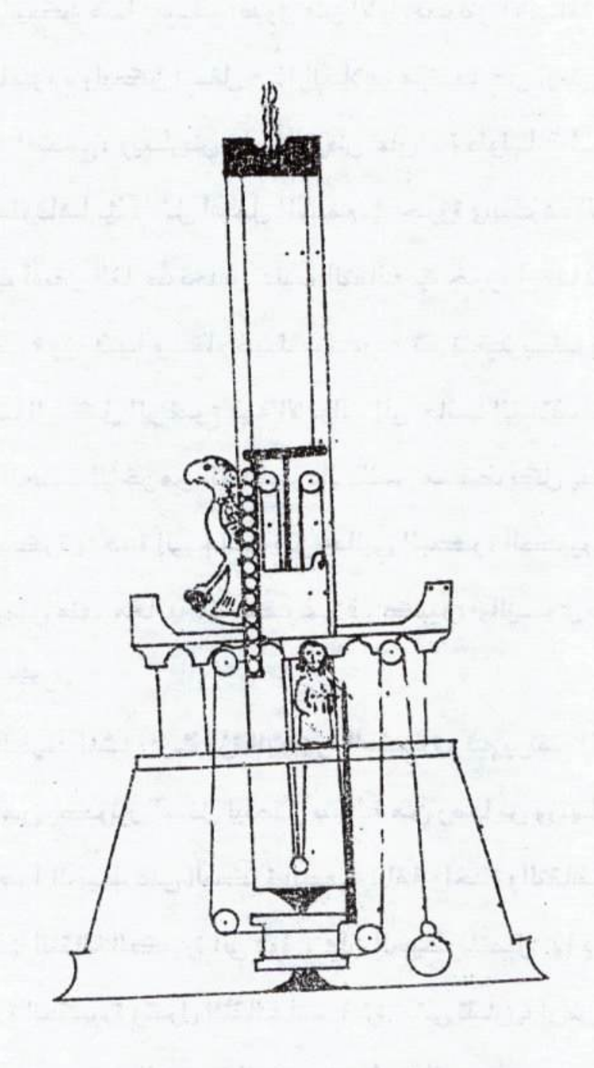
[1] دونالدهيل، العلوم والهندسة في الحضارة الغسلامية، م.س، صـ 179.

ساعة الأبواب

يُعرف منها مضى ساعات مستوية بالشمعة، ويتخذ في هذا الشكل أربعة عشر بابا فوق قاعدة المشمع، ولكل باب مصرعان ينفتحان وعند اشتعال الفتيلة ومضى ساعة مستوية حال سقوط بندقة من منقار الطائر، ويخرج من الباب صورة يختارها صانع الساعة، وفي الساعة الثانية ينفتح الباب الثاني، وفي الثالثة الباب الثالث، وكذلك في كل ساعة باب.



ساعة الأبواب (صورة المخطوط)



ساعة الأبواب (رسم توضيحي)

وأما كيفية عمل هذه الأبواب والذي يفتح المصراعين لتظهر الصورة، فيتخذ بكرة من نحاس سمكها عرض الأصبع، ومحيط نهرها (اسطوانتها) مايلف عليه خيط طوله اربعة عشر قدراً من الشمعة، ويتخذ فيها محور طرفاه عنها قصيران، وليكن هذا المشمع أطول من الأول بعرض الإبهام، ويتخذ عليه الغلاف[1] المعلوم، وليكن أسفل هذا الغلاف مرتفعا عن أرض المشمع بقدر ارتفاع هذا المشمع، ويعارض على الارض عارضة طولها قطر أسفل المشمع، ويلصق طرفاها في داخل أسفل المشمع في خرزة والطرف الآخر في مركز صفيحة في أسفل الغلاف تجلس عليها الثقالة في خرزة أيضا.ثم تتخذ على غلاف البكرة رزة فيها وسط خيط مشدود، ثم تتخذ بكرة لطيفة تلصق أسفل سقف الهيكل الموضوع فيه الأبواب إلى جانب الغلاف، تقابلها بكرة أخرى إلى الجانب الآخر من الغلاف وعلى نفس مسقط كل بكرة من البكرتين توجد بكرة واحدة إلى جانب من جانبي البكرة الكبيرة بوضع يوازي الأفق، واليمنى منها محاذية لمنتصف غلاف كبير، واليسرى بمحاذاة القرص العلوي للبكرة.

يمر طرف من الخيط المشدود في رزة البكرة الكبيرة، ثم يرتفع إلى أعلى ليمر فوق بكرة من بكرتين اسفل ليتصل بثقالة من رصاص وزنها ثلاثون درهما، وقد لف هذا الخيط على البكرة الكبيرة لفة واحدة والثقافة حينئذ مرتفعة فمتى رفعت الثقالة الكبيرة إلى فوق، فإن الخيط المتصل بها يسترخى ويلف على البكرة الكبيرة وتنزل الثقالة الصغيرة حتى تقارب أرض المشمع وقد انتشر خيطها من حول البكرة الكبيرة ودارت البكرة دورة كاملة، فحينئذ يتخذ على طرف سطح البكرة الكبيرة سفود (قضيب) من حديد

[1] الجزري، الجامع بين العلم والعمل النافع في صناعة الحيل صـ 160-161.

دقيق يمتد عرضا، ثم ينتصب على زاوية قائمة حتى يقارب ظهر قصعة المشمع، ومتى دارت البكرة الكبيرة، فإن هذا القضيب المنتصب يدور بدورانها دورة واحدة.

يتضح من كل ما سبق أن كتاب الجزرى "الجامع بين العلم والعمل النافع في صناعة الحيل" واحد من أهم كتب الهندسة الميكانيكية العربية، إن لم يكن أهمها على الإطلاق. ويتسم الكتاب بالطابع العملي. فقد كان الجزري مهندسا وصانعا ماهرا في آن واحد. والكتاب غني بالوصف الدقيق لمختلف أنواع الآلات. ومن هنا فإن أهميته لا يمكن أن تقدر بثمن بالنسبة لتاريخ الهندسة في العالم. يقول هيل: " لم تكن بين يدينا حتى العصور الحديثة أية وثيقة، من أية حضارة أخرى في العالم، فيها ما يضاهي ما في كتاب الجزري من غنى في التصاميم وفي الشروحات الهندسية المتعلقة بطرق الصنع وتجميع الآلات". وفي مراجعته للترجمة الإنكليزية لكتاب الجزري يقول برايس بعد مطالعته للكتاب:" إن أهم انطباع يكونه المرء هو أن هذه التكنولوجيا الفنية للألعاب الفلسفية التي سارت على منهج هيرون الاسكندراني ليست نوعا من اللهو التافه لمجتمع مترف أو مجتمع يكثر فيه استخدام العبيد بحيث تشغل الناس وتصرفهم عن الاهتمام بالآلات المفيدة، بل إنها تمثل الاتجاه أو التيار الرئيس للمهارات الميكانيكية الدقيقة التي استمرت وازدهرت في الأجيال اللاحقة في ورشات صانعي الساعات وصانعي الأجهزة العلمية، تلك التكنولوجيا التي كانت القوة الدافعة الأساسية وراء كل من الثورتين العلمية والصناعية، وما من شك أننا نجد أمامنا في هذا الكتاب مجموعة من الآليات المبدعة المستندة إلى ذخيرة كبيرة وافرة من

أنواع حلقات الآلات والوسائل الهيدروليكية والمهارات الميكانيكية المعقدة الأخرى.

كان عمل الجزري حلقة في سلسلة من أعمال المهندسين العرب ومن سبقهم من مهندسي الحضارات السابقة للإسلام. ولكن الجزري لم يستوعب فقط فنون من سبقوه من المهندسين العرب وغيرهم، ولكنه كان مهندسا مبدعا أيضا أضاف إلى ما كان معروفا واخترع كثيرا من الآلات والوسائل الميكانيكية والهيدروليكية. ولا تزال آثار هذا التأثير في الهندسة الميكانيكية المعاصرة ظاهرة إلى اليوم.

ويعد الجزرى أول مهندس غير مفاهيم الهندسة باستخدامه الترس أو"الدولاب المسنن" ،وذراع التدوير "الكرنك" و"المكبس" البستون، وعمود التدوير.

ومن المثير والمدهش أن الجزرى يعد أول من صنع الانسان الآلى فى التاريخ، اذ طلب منه أحد الخلفاء أن يصمم له آلة ميكانيكية يستخدمها فى الوضوء بدلا من الخادم، فصمم له الجزرى آلة على هيئة غلام منتصب القامة يحمل فى يده اليمنى إبريق ماء، وفى اليسرى منشفة ويقف على عمامته طائرآلى، فاذا حان وقت الصلاة غرد الطائرفيتقدم الغلام ويصب الماء بقدر معين من الابريق، حتى إذا انتهى الخليفة من وضوئه قدم له الغلام المنشفة، ثم يعود الى مكانه تلقائيا!

ويرجع الفضل للجزرى أنه واضع الأساس الذى تقوم عليه المحركات العصرية، فاخترع نماذج عدة لساعات وروافع آلية تعتمد على نظام التروس المسننة فى نقل الحركة الخطية الى حركة دائرية تماما كما هو سائد حاليا.. الى غير ذلك من الأعمال الهندسية والميكانيكية التى تحتل - على

رأي دونا لدهيل - أهمية بالغة فى تاريخ الهندسة حيث تقدم ثروة من مبادئ تصميم وتصنيع وتركيب الالات تلك التى ظهر أثرها فى التصميم الميكانيكي للمحرك البخاري، ومحرك الأحتراق الداخلي والتحكم الآلي، والتى لا تزال آثارها ظاهرة حتى الآن.

وفى القرن العاشر الهجرى/السادس عشر الميلادى يبدع تقى الدين الدمشقى[1] كتابه "الطرق السنية فى الالات الروحانية" محتويا لاول مرة فى تاريخ العلم على مفهوم الرسم الهندسى الحديث ذى المساقط ، ففى عرضه وتوصيفه للالات ،تراه يصف ويشرح ويوضح كل شيئ يتعلق بالآلة عن طريق جمعه بين مفهوم المساقط ومفهوم الرسم المجسم (المنظور) فى رسم واحد.

ولأول مرة فى تاريخ الهندسة والتكنولوجيا يستخدم تقى الدين "كتلة الاسطوانة" بعدد ست اسطوانات على خط واحد، كما ابدع عمل الاسطوانات على التوالى، وذلك باستخدامه "عمود الكامات" المزود بعدد ست نتوءات تتوزع بنظام دقيق على محيط الدائرة.ويعد هذا المفهوم الديناميكى المتقدم لتجنب "التقطع" واتباع "التتابع" هو البنية الاساسية التى قامت علها

---

(1) محمد بن معروف الدمشقى، ولد فى دمشق سنة932ه /1525م، وتعلم فى مدارس دمشق وإسلامبول والقاهرة، وعرف بالرصّاد أو الراصد، ولقب تقى الدين، وولى القضاء فى مدينة نابلس الفلسطينية. نبغ فى الميكانيكا والفيزباء التطبيقية والفلك والرياضيات والبصريات، واشتهر باختراع وصناعة الالات وخاصة الساعات.توفى فى عاصمة الخلافة العثمانية أسلامبول سنة993ه/1585م. ضمَن أعماله العلمية واكتشافاته فى مؤلفات كثيرة من أهمها: كتاب الطرق السنية فى الالات الروحية، وفيه اخترع تقى الدين وشرح أول نموذج لتوربين البخار كمحرك أساسى للمرذاذ ذاتى الدوران، ووصف مضخة رفع الماء ذات الاسطوانات الست، وآلات رفع الأوزان، وآلات رفع المياه والنوافير وآلات الرى، والساعات المائية. كتاب الكواكب الدرية فى وضع البنكمات الدورية، أى الساعات المائية، وفيه شرح تقى الدين بالمنظور الهندسى الالى كيفية تركيب أنواع كثيرة من الساعات المائية والميكانيكية، ومنها اختراع تقى الدين أول ساعة ميكانيكية منبهة قادرة على اصدار الصون فى الوقت المخصص عن طريق جهاز فرع الجرس الالى الذى يبدأ بالرنين على الوقت المخصص. وكذلك بواسطة وضع إسقين على عجلة القرص المدرج على الوقت الذى يرغب فيه المرء سماع الساعة.

الضواغط متعددة الاسطوانات وتقنية المحركات الحديثة.

فى سنة1629 أعلن جيوفانى برانكا زورا أنه أول من اكتشف المحرك البخارى الذي يعمل بالطاقة البخارية. وحقيقة الأمر أنه أخذ هذا الكشف من كتاب "الطرق السنية فى الآلات الروحانية" لصاحبه تقى الدين الدمشقى الذى اخترع أول نموذج للتوربين البخاري ذاتى الدوران الذى يعمل بقوة البخار والرافعة الدخانية، ففى كتابه السابق ذكره قدم تقى الدين وصفا للأجزاء الأساسية التى يتكون منها التوربين البخارى، حيث يقول:

صنع المرذاذ الذى يحمل اللحم فوق النار بحيث أنه يدور حول نفسه دون أى قوة حيوان. وقد تم عمله باستخدام العديد من الطرق، وأحد هذه الطرق هى: وضع عجلة بعدة ريش فى نهاية المرذاذ، وفى الجهة المعاكسة لمكان العجلة إبريق مجوف مصنوع من مادة النحاس برأس مغلق ومليئ بالماء. اجعل فوهة الإبريق معاكسة لريش العجلة. يضرم النار تحت الإبريق، فيبدأ البخار بالصدور من فوهته بصورة مقيدة، فيدير ريشة العجلة. عندما يصبح الإبريق خاليا من الماء، اجلب بالقرب منه ماء باردا فى وعاء خزف، ثم اجعل فوهة الإبريق تغطس فى الماء البارد. سوف تسبب الحرارة انجذاب كل الماء داخل الوعاء الخزفى إلى داخل الإبريق، ويبدأ البخار بإدارة ريشة العجلة مرة أخرى.

وفى كتابه "الأشم" يصف تقى الدين ويصمم آلات الدوران باستخدام "العنقات" تلك التى تعرف اليوم بالمراوح البخارية ،كما وصف وصمم العديد من الآلات والاجهزة الميكانيكية مثل الروافع بالبكرات والمسننات (التروس)،والنافورات المائية ،علاوة على الآلية والرملة والمائية.

وفى سبق علمى يحسب له وللحضارة الاسلامية، يسبق تقى الدين

"مورلاند" الذى ادعى عام1675 أنه أول مصمم للمضخة المكبسية ، فكتاب "الطرق السنية فى الالآت الروحانية" يثبت بما لايدع مجالا للشك بأن مؤلفه تقى الدين الدمشقى دوّنه أول تصميم للمضخة المكبسية ذات الاسطوانات الست، وقدم توصيفا لها يتضمن أنه وضع على رأس قضيب كل مكبس ثقلا من الرصاص يزيد وزنه عن وزن عمود الماء داخل الانبوب الصاعد الى أعلى.

ويذهب بعض مؤرخى التقنية الى أن البطئْ فد شاب استغلال المسلمين لطاقة المياة. ولكن هذا الراى يجانب الصواب وبشهادات غربية وقفت على مدى الشوط الكبير الذى قطعه المسلمون فى تقنية الطاقة المائية ، ومنها طواحين المياه التى ابتكروا منها نماذج عدة أحدها يتركب من دولاب أفقى باحداث قطع بطول انصاف أقطار قرص معدنى، ثم لىّ القطع لتكوين ريش منحنية كتلك التى تتركب منها المراوح الحديثة ، ويثبت القرص المعدنى أو العجلة فى الطرف السفلى للمحور الرأسى وتركب فى اسطوانة ينصب فيها الماء على التتابع من مستوى أعلى فيؤثر الانسياب المحورى فى ادارة العجلة.

ولزيادة الطاقة الانتاجية للطواحين عمل المسلمون على زيادة معدل انسياب المياة التى تديرها وذلك ببناء السدود والجسور وانشاء الطواحين بين دعاماته للانتفاع بزيادة انسياب المياة فى ادارتها مثل السد الذى أقيم على نهر كور بايران فى القرن الثالث الهجرى/التاسع الميلادى، وحتى الان يمكن مشاهدة السد الكبير تحت الجسر الرومانى فى قرطبة باسبانيا وأمامه ثنتا عشرة طاحونة مائية موزعة على ثلاثة مجموعات.

ومن المؤيدات القوية على انجازات المسلمين فى تقنية المياه ما شهدته البصرة فى القرن الرابع الهجرى/العاشر الميلادى وسجلت به سبقا على الغرب من ابتكار واستخدام طواحين تعمل بطاقة المد والجزر ، بالاضافة الى "بواخر

الطواحين" أو "الطاحونة- المركب"التى انتشرت بعدد كبير فى نهرى دجلة والفرات وأنهار مدينة سرقسطة ومدينة مرسيه باسبانيا ومدينة تبليس بجورجيا وغيرهم من المدن الاسلامية التى انتشرت فيها بواخر الطواحن وذلك للاستفادة منها فى مواسم انخفاض منسوب المياة الذى لاتستطيع الطواحين الثابتة أن تعمل معه.

وفى مرحلة من مراحل الكتابات الغربية والشرقية فى تاريخ العلم، تنازع الأوربيون والصينيون فى فضل سبق أيهما فى اختراع البارود. بيد أن مخطوطات ومصادر الحضارة الاسلامية، تثبت بما لايدع مجالا للشك أن المسلمين هم الرواد الأول فى اختراع البارود، وبشهادات غربية كما يقول جوستاف لوبون، حيث أثبتت مباحث مسيو رينو، ومسيو فافية أن المسلمين همّ الذين اخترعوا بارود المدافع السهل الانفجار الدافع للقذائف، وبيان ذلك: أن هذين المؤلفين رأيا في بدء الأمر كما رأى غيرهما، أن أمر هذا الاختراع يعود إلى الصينيين، وأنهما رجعا في مذكرة ثانية- نشراها سنة 1850م وذلك بعد ما اطلعا على ما جاء في بعض المخطوطات التي عثر عليها حديثاً- عن رأيهما معلنين أن المسلمين هم أصحاب هذا الاختراع العظيم الذي قلب نظام الحرب رأساً على عقب، وأن المسلمين هم الذين استخرجوا قوة البارود الدافعة، ومعنى هذا أن المسلمين هم الذين اخترعوا الأسلحة النارية.



الفصل السادس

علم الضوء



الفصل السادس
علم الضوء

علم الضوء

يعترف المنصفون من علماء الغرب بأن الحسن بن الهيثم أبطل علم المناظر الذى وضعه اليونان، وأنشأ علم الضوء بالمعنى الحديث، وذلك بما وضع من نظريات فى الإبصار وانعكاس الضوء وانعطافة وقوس قزح ... وغيرها من النظريات والبحوث والتجارب التى أُسس عليها علم الضوء الحديث بمعرفة الحسن بن الهيثم.

أبو على محمد بن الحسن البصرى المعروف بابن الهيثم، ولد سنة 354هـ - 965م بالبصرة ونشأ بها، ثم انتقل إلى القاهرة وعمل بها حتى وفاته سنة 430هـ- 1039م. صنف ابن الهيثم عدداً كبيراً من الرسائل والكتب منها:

تهذيب المجسطى، المناظر، مصادرات أقليدس، الشكوك على إقليدس، مساحة المجسم المتكافئ، الأشكال الهلالية، صورة الكسوف، العدد والمجسم، قسمة الخط الذى استعمله أرشميدس فى الكرة، اختلاف منظر القمر، استخراج مسئلة عددية، مقدمة ضلع المسبع، رؤية الكواكب، التنبيه على ما فى الرصد من الغلط، تربيع الدائرة، أصول المساحة، أعداد الوفق، مسئلة فى المساحة، أعمدة المثلثات، عمل المسبع فى الدائرة، حل شك من المجسطى، حل شك من اقليدس، حركة القمر، استخراج أضلع المكعب، علل الحساب الهندى، ما يرى من السماء أعظم من نصفها، خطوط الساعات، أوسع الأشكال المجسمة، خط نصف النهار، الكرة المحرقة، هيئة العالم، الجزء الذى لا يتجزأ ،مساحة الكرة، كيفية الأرصاد، حساب

المعاملات، الهالة وقوس قزح، المجرة، ماهية المجرة، جواب من خالف المجرة، مسئلة هندسية، شرح قانون إقليدس. استخراج خط النهار بظل واحد، أصول الكواكب، بركاز الدوائر العظام، جمع الأجزاء، قسمة المقدارين، التحليل والتركيب، حساب الخطئين، شكل بنى موسى، المرايا المحرقة، استخراج أربعة خطوط، حركة الالتفات، حل شكوك الألتفات، الشكوك على بطليموس، حل شكوك المجسطى، اختلاف المناظر، ضوء القمر، المكان، الأخلاق، السمت سمت القبلة بالحساب، ارتفاع القطر، ارتفاعات الكواكب، كيفية الأظلال، الرخامات الأفقية، عمل البنكام، مقالة فى الأثر الذى فى القمر، تعليق فى الجبر، كتاب البرهان على ما يراه الفلكيون فى أحكام النجوم.

وأهم هذه الكتب وأكثرها شيوعاً كتاب "المناظر" الذى ضمنه الكثير من النظريات المبتكرة فى مجال البصريات مثل كيفية الإبصار وأخطاء البصر، والانعكاس، والانعطاف، وأنواع المرايا ... وغير ذلك من موضوعات الإبصار. وقد ترجم كتاب المناظر إلى اللاتينية فى القرن الثانى عشر، وتأثر به علماء أوربا، وخاصة روجر بيكون، وجاليليو.

وتعد نظرية ابن الهيثم فى كيفية الإبصار أشهر نظرياته وأعظم مآثره، وبها أبطل النظرية اليونانية التى كانت شائعة حتى عصره، والتى مفادها أن الإبصال يتم من خلال شعاع يخرج من العين إلى الجسم المبصر، فقال ابن الهيثم بإن شعاع يأتى من الجسم المرئى إلى العين، حيث يتم الإبصار إذا توفرت شروط معينة، وهى: أن يكون الجسم المرئى مضيئاً إما بذاته أو بأشراق ضوء من غيره عليه وأن يكون بينه وبين العين مسافة، وأن يكون بين كل نقطة من سطح المرئى وبين العين خط مستقيم غير منقطع بشئ كثيف.

والشعاع هو الضوء النافذ فى الأجسام المشفة على السموت المستقيمة المتوهمة على تلك السموت ... والضوء الوارد يستصحبه لون المضئ أينما امتد وضعه على قياس الضوء، لكنه أقبل له من الضوء، ولذلك تصير نهايات الأشعة أميل إلى البياض كما فى حال الصبح والشفق، فيبقى ضوء بلا كثافة تحسّ بها من لون فيكون إلى البياض شيئاً.

وبالجملة يحدد ابن الهيثم ثمانية شرائط يراها لازمة لإدراك المبصر هى: الاستضاءة، البعد المعتدل، المواجهة، الحجم المقتدر، الكثافة، شفيف الوسط، الزمان، سلامة البصر.

والذى يدعو إلى الإعجاب حقاً كما يقول الأستاذ نظيف[1]: أن ابن الهيثم منذ أكثر من تسعة قرون خلت قد تناول هذا الأمر وما يرتبط به من مسائل كثيرة بالدرس والشرح، وأدرك ما لهذه المسائل من الخطورة فى موضوع الإبصار، فى حين أن هذه الناحية من الإبصار لانغالى إذا قلنا إنها لم يبدأ يُعنى بها بعد نهضة العلم الحديثة فى أوروبا إلا فى النصف الأول من القرن العشرين، عندما أخذت تتجه إليها عناية بعض علماء العلم التطبيقى من المهندسين الذين يعنون بشؤون الإضاءة، وأخذت بحوثهم التى يسلكون فيها السبل العلمية الحديثة تؤدى إلى نشوء فرع من فروع الهندسة الحديثة هو فرع "هندسة الإضاءة" وإن كان الغرض الأول منه البحث عن قواعد الإضاءة المثلى التى تكفل أن يكون الإبصار بيناً محققاً على غاية ما يستطاع الإبصال البيّن المحقق فى الحياة، وخصوصاً الأغراض الحربية لتضليل الخصم كستر الحركات وحجب المواقع.

---

(1) مصطفى نظيف، الحسن بن الهيثم: بحوثه وكشوفه البصرية، جزآن، جامعة فؤاد الأول، القاهرة 1942- 1943، ج1، ص313-314.

وضمّن ابن الهيثم شروحه التجريبية الكمية فى انعطاف الضوء من الهواء فى الزجاج، وانعطافه من الزجاج فى الهواء، حكماً تاسعاً يعنى [1]: أن الشعاع النافذ من وسط لطيف إلى وسط غليظ إذا نفذ فى الوسطين نفسيهما فى الاتجاه المضاد، أى من الغليظ إلى اللطيف، وكانت زاوية السقوط فى الحالة الثانية هى عين زاوية الانكسار فى الأولى، فإن زاوية انعطافه فى الحالتين واحدة، أى كان خط مسيره فيهما هوهو. وهذا الحكم التاسع صريح فى تضمنه معنى قاعدة قبول العكس المعروفة حالياً، والمرتبطة فيما يتعلق بالانعطاف بمعنى معامل الانكسار وثبوته لكل وسطين معينين. وهذان المعنيان مرتبطان بثبوت نسبة جيب زاوية السقوط إلى جيب زاوية الانكسار لكل وسطين، وثبوت هذه النسبة ظل مجهولاً إلى أوائل القرن السابع عشر.

وينقسم الضوء عند ابن الهيثم إلى قسمين، أ –الأول سماه الضوء الذاتى وهو الذى ينبعث من الأجسام المضيئة بذاتها مثل ضوء الشمس وضوء النار والثانى سماه الضوء العرضى، وهو الذى ينبعث من الأجسام الغير مضيئة بذاتها، ومع ذلك فإن خواص هذين النوعين من الضوء متشابهة فى إشراقها على شكل خطوط مستقيمة، ومتشابهة من حيث القوة والضعف تبعاً لزيادة القرب أو البعد وهناك أيضاً الضوء المستقيم وهو الورد على الاستقامة. والضوء المنعكس وهو الوارد إلى صقيل، ثم إلى ما يقابله. والضوء المنعطف وهو الوارد إلى سطح جسم مشف يخالف شفيفه المجاور.

فالأضواء مستقيمة ومنعكسة ومنعطفه وأوائل وثوان لا غير بحسب الاستقراء، وقد تتركب فتنقسم بحسب ذلك. وإذا أطلقت هذه الألفاظ فلتحمل على البسيط، ويدل بتركب الألفاظ على تركب المعانى. وقد يطلق

---

(1) مصطفى نظيف، الحسن بن الهيثم، ج2، ص721- 772. راجع:

المستقيم على جميعها لأن الضوء فى جميع وروداته شعاع فيكون مستقيماً، وإذا اجتمعت أضواء فى كثيف حدث عنها ضوء آخر مخالف لكل منها، فإن كانت متشابهة كان الحادث أقوى، وإن اختلفت كان الحادث كالمركب منها، وقد تصير إذا تباينت الأضواء جداً كما نشاهد فى الجوما بين الصبح الأول والثانى.

ويبرهن ابن الهيثم على أن الضوء يسير فى خطوط مستقيمة من خلال ملاحظة أشعة الشمس النافذة إلى غرفة مظلمة فيها غبار، فتتجه اتجاهاً مستقيماً.

ومن أهم كشوفات ابن الهيثم فى الضوء والتى أثبتها العلم الحديث، مذهبه فى أن للضوء سرعة، فانتقال الضوء فى الوسط المشف لا يكون آنيا، أى دفعة واحدة وفى غير زمان، بل يستغرق زماناً مقدوراً.

هذا فى الوقت الذى ساد لدى علماء النهضة الأوربية أمثال كبلر وديكارت أن حركة الضوء لا زمان لها، ولا يستغرق فى انتقاله من مكان إلى آخر مهما يكن البعد بينهما أى زمن لأن سرعة الضوء لا نهائية. ولم يؤيد العلم الحديث اكتشاف ابن الهيثم – القائل بإن الضوء يسير فى زمان – بالتجارب التى أثبتت أنه حقيقة علمية، إلا فى منتصف القرن التاسع عشر.

وفى القرن السابع الهجرى / الثالث عشر الميلادى تستمر مسيرة علم الضوء الذى أسسه الحسن بن الهيثم على يد كمال الدين أبى الحسن الفارسى، ولد بمدينة شيراز فى بيت علم أتاح له تلقى مبادئ علم الطب عن أبيه، كما تتلمذ على قطب الدين الشيرازى، واتصل بنصير الدين الطوسى.

اهـتم كمـال الـدين بدراسـة علـم المنـاظر (الضـوء) والرياضـيات وانصـرفت عنايتـه بصفة خاصة إلى مـا يتعلق بكيفية إدراك صور المبصـرات بالانعطاف، ولم يجد فى كتاب إقليدس فى المناظر، ولا فى كتب الفلاسفة بغيته فى موضوع الإنعطاف، فاستشار نصير الدين الطوسـى، فأرشده الأخير إلى كتـاب المنـاظر للحسـن بـن الهيـثم، وأعطـاه نسـخة منـه بخـط ابن الهيثم لنفسه.

كان كمـال الـدين قد وجد قبل حصوله على كتاب المنـاظر لابن الهيثم، أقوالاً خاطئة فى الانعطاف تتردد فى بعض كتب الحكمة، وكان قد مضى على بحوث ابن الهيثم وبحوثه فى الضوء والانعطاف ما يقرب من ثلاثمائة عام، ولم تكن بحوث ابن الهيثم متداولة فى الأوساط العلمية بالعالم الإسـلامى فى القرون الثلاثة التالية لـه بسبب الفتن الداخلية ومحنة التتار، والحروب الصليبية.

وقد راع كمال الدين كتاب ابن الهيثم، وأيقن أهمية إظهاره ونشره، ومن الواجب على العلماء أن يعيدوا تنقيحه حتى يسهلوا على طلاب العلم الاستفادة منه، فعرض على قطب الدين الشيرازى القيام بتلك المهمة العلمية المهمـة، فاعتـذر لـه لانشـغاله بشـرح كليات كتاب القانون فى الطب لابـن سينا، ولكن الشيرازى شجع كمال الدين الفارسى على القيام بتلك المهمة بنفسه، فعكف كمال الدين على دراسة كتاب المناظر لابن الهيثم، ووضع فى النهاية كتابه "تنقيح المناظر لذوى الأبصال والبصائر" نقح فيه أفكار ابن الهيثم وأوضحها، ووقف بالنقد على بعضها مثل رأى ابن الهيثم فى التجسم حيث رأى التحدب دليلاً على التجسم، والتقعر دليلاً على الخلاء أو الفضاء. فينتقد كمال الدين هذا الرأى، ويعرض فى مقابله رأيه الذى لا يفرق بين

التحدث والتحدب، ويتلخص فى[1]: أن المعرفة قد سبقت إلى أنه لا يوجد فى الواقع سطح محدباً كان أم مقعراً إلا مع الجسم المتجسم.

كذلك اعترض كمال الدين الفارسى على وصف ابن الهيثم للجليدية باعتبارها الآلة الأولى للإبصار، فهى عنده كرة صغيرة بيضاء رطبة متماسكة الرطوبة مع رقة شفيفها الذى يشبه شفيف الجليد ويسمى الجليدية، وهى مركبة على طرف تجويف العصبة، وفى مقدم هذه الكرة تسطيح يسير يشبه تسطيح ظاهر العدسة، فسطح مقدمها قطعة من سطح كرى أعظم من السطح الكرى المحيط ببقيتها، وهذه الرطوبة تنقسم إلى جزءين مختلفى الشفيف، أحدهما يلى مقدمها وهو الجليدية، والآخر يلى مؤخرها وشفيفه الزجاج المرضوض، ولذلك تسمى الرطوبة الزجاجية.

وهذا الكلام على حد قول كمال الدين الفارسى[2] يخالف كلام جميع الأطباء الذين انتهى إلينا كلامهم فى التشريح، وأنهم مطبقون على أن الجليدية بتمامها جوهر واحد متشابه الشفيف، وأن الزجاجية رطوبة ثالثة تملأ تجويف العصبة مما وراء الجليدية التى يصفها كمال الدين بأنها رطوبة بردية فى غاية الصفا مشفة غير متلونة كالجبن الرطب يسهل قبولها للألوان والأنوار، مستديرة الشكل، فى مدقمها يسير تفرطح، وفى مؤخرها يسير استدقاق تسمى الجليدية هى الآلة الأولى للإبصار.

ففى هذا الكتاب درس كمال الدين كيفي انعكاس الضوء والإبصار فى كرة مشفة واحدة، وفى كرتين مشفتين، وتعد هذه الدراسات من أهم إنجازات كمال الدين الفارسى.

---

(1) كمال الدين الفارسى، تنقيح المناظر لذوى الأبصار والبصائر، مجلدان، دائرة المعارف العثمانية، حيدر أباد الدكن، الهند 1928-1929، ج1، ص137.
(2) تنقيح المناظر لذوى الأبصار والبصائر، 154/1.

ويختصر كمال الدين الفارسى كتابه "تنقيح المناظر لذوى الأبصار والبصائر" وينقحه، ويضيف عليه، فيخرج بمصنف آخر سماه "كتاب البصائر فى علم المناظر" بحث فيه كل المسائل المتعلقة بعلم المناظر، فبسط آراء سابقيه وشرحها، وخاصة آراء الحسن بن الهيثم، ونقدها فى بعض المواضع، وأضاف ما توصل إليه من آراء علمية عملت على تطور علم المناظر وتقدمه.

بحث كمال الدين الفارسى فى القسم الأول من كتابه فى المبادئ وتشتمل على مصادرات وتعريفات ومسلمات فى علم الضوء، فتناول خواص الأضواء وخواص ورودها على الاستقامة، وخواص انعكاسها وانعطافها. والمصادرات عند الفارسى هى ما تحقق من كلام الشيخ الرئيسى ابن سينا رحمه الله فى الضوء، ومنه قوله بإن الضوء هو الكيفية التى تُرى فى الأجسام المنيرة كالشمس والقمر والنار وهى لها من ذواتها وليست بسواد أو بياض أو حمرة أو شئ من الألوان وحاملها المضىء. والنور هو الكيفية التى تسطع من المنيرة فتتخيل أنها تقع على الأجسام فيظهر بياض وسواد وخضرة وهو مستفاد للشئ من غيره وحاملها المستنير والمتنور.

وما تحقق من كلام ابن الهيثم رحمه الله، ومنه قوله بإن الضوء فى هذا العلم هو الكيفية التى بها تظهر الأشياء للبصر سواء كانت من ذواتها أو من خارج، والظل عدم ضوء مخصوص، ويضاف إلى المُظل فيقال حدث للعود ظل من السراج. والأجسام مضيئة وملونة وشفافة. فالمضيئة كالكواكب والنار، والملونة كبعض الكواكب وجميع الأجسام الكثيفة، والمشفة كالماء والزجاج.

وفـى الفصـل الأول مـن كتابـه يشـرح كمـال الـدين خـواص الضـوء المستقيم من خلال هيئة الأضواء الحادثة مطلقا[1]: فإذا كانت نقطة مضيئة فى مشف غير متناه، فإن شعاعها ترة هى مركزها، ونصف قطرها ضوئها، وتكـون كالمركبـة مـن كـرات متراصـة علـى مركـز واحـد هـى النقطـة، والضوء عند نقط سطح كل منها متساو، وعند سطح الصغرى أقوى منه عند سـطح الكـبرى. وفـى الفصـل الثـانى شـرح الانعكـاس وخواصـه وكيفيتـه، وهيئة والمخروطات المنعكسة للنقطة المضيئة، وهيئة سائر الأشعة المنعكسة. أما الانعطاف وخواصه فيمثل موضوع الفصل الثالث شرح فيه كمال الدين كيفية الانعطاف، وهيئة المخروطات المنعطفة للنقط المضيئة وهما ثلاثة أنواع: المنعطفـة عـن السـطح المسـتوى، والمنعطفـة عـن السـطح الكـرى المحـدب، والمنعطفة عن السطح الكرى المقعر.

والقسم الثانى من الكتاب سماه كمال الدين المطالب، اشتملت على مقدمة وأربعة مقصاد وخاتمة. احتوت المقدمة على ثلاثة فصول: الأول فى هيئة البصر، وصف فيه كمال الدين تركيب العين بالرسم وكيفية الأبصار إذا كانت العين على وضعها الطبيعى وهيئتها الصحيحة، وقد تحول عن بعضها كما فى الحول.

الفصـل الثـانى: فـى خـواص البصـر مـن جهـة الإبصـار، فالبصـر لا يدُرك إلا إذا كان بينه وبين المبصر بُعد، ولا يدرك بالاستقامة شيئاً إلا إذا كان مقابلاً له، أى أن تكون السموت المستقيمة المتوهمة بين البصر والمبصر غير منقطعة بكثيف وشرائط الإبصار ستة:

---

(1) كمال الدين الفارسى، وتحقيق مصطفى موالدى، البصـائر فى علم المنـاظر، مؤسسة الكويت للتقدم العلمى 2009،، ص103.

أ – أن يكون البصر قوياً.

ب – والمبصر ذا قدر محسوس.

ج – غير مظلم.

د – ولا مشفا فى الغاية.

هـ – ولا بعيداً كذلك.

و – المقابلة.

الفصل الثالث: فيما يعرض بين البصر والضوء، فإذا نظر البصر عالى الضوء القوى تألم، وإذا نظر إلى جسم نقى البياض أو ذى لون قوى وأطال النظر عاليه، ثم صرفه إلى موضع مُغدر، فإنه لا يكاد يدرك ما فيه صحيحاً. وكذلك فإنا نرى الكواكب ليلاً دون النهار، ولا فرق سوى استضاءة الهواء بضوء الشمس. وإذا كان الناظر فى الليل حيث يكون ضوء نار منبسطاً على الأرض وفى الموضع مبصرات لطيفة، ولن يكن الضوء الذى عليها قوياً، ولا النار متوسطة بينها وبين البصر، فإن الناظر يدركها، وإذا عدل عن موضعه بحيث تصير النار متوسطة بينه وبينها خفيت المبصرات، وإن ستر النار عن بصره عاد الإدراك. فالأضواء القوية إذا أشرقت على البصر، أو على الهواء المتوسط بين البصر والمبُصر، فإنها تعوق البصر عن إدراك بعض المبصرات الضعيفة الأضواء.

أما المقصد الأول من المطالب فجعله كمال الدين فى تعدد المذاهب فى كيفية الإبصار وبيان المذهب النصور فيها، فعرض لآراء كل من الطبيعيين والتعاليميين لينتقل فى المقصد الثانى لبيان كيفية الإبصار على الاستقامة، وفيه فصول أربعة، الأول: فى تمييز خطوط الشعاع وخواصها، فالخط المار بالمراكز نسميه سهم المخروط، فإذا كانت الصورة الواردة فى وسط

الجليدية، كان السهمُ أحد الخطوط التى وردت عليها، ومقرر أن الصبور تمتد فى جسم الجليدية وبعدها فى الزجاجية وتجويف العصبة على ترتيبها وامتدادها فى الجليدية على سموت الإشعاع. الفصل الثانى: فى كيفية إدراك كل واحد من المعانى الجزئية، وهو مبحثان، الأول: فيما يجب تقديمه على المقاصد من أقسام الإدراك وخواصها، والثانى فى المقاصد حيث يدرك البصر من المبصرات معانى كثيرة ويرجع جميعها عند التحليل إلى بسائطها وتسمى المعانى الجزئية وهى بحسب الاستقراء اثنان وعشرون معنى وهى: الضوء واللون، والبُعد، والوضع، والتجسم، والشكل، والعظم، والتفرق، والاتصال، والعدد، والحركة، والسكون، والخشونة، والملاسة، والشفيف، والكثافة، والظل، والحُسن، والقبح، والتشابه، والاختلاف.

أما بقية أقسام الإدراك وخواصها وكيفية إدراك الصور المركبة من المعانى الجزئية المجتمعة معا، فهى موضوع الفصل الثالث: وبحث كمال الدين الأغلاط التى تعرض عند الإدراك على الاستقامة فى الفصل الرابع من خلال ستة مباحث. وتضمن المقصد الثالث من القسم الثانى كيفية الإدراك بالانعكاس وبحثها فى ثلاثة فصول. وبحث المقصد الرابع فى كيفية الإبصار بالانعطاف من خلال أربعة فصول. وبحث خاتمه الكتاب فى الآثار المستديرة المتخيلة فى الجو.

إن المطلع على أبحاث ماكس بلانك الفرنسى فى النظرية الموجية وادعاءه بأنه مبدعها، يدرك بطلان هذا الإدعاء إذا اطلع على كتاب العالم المسلم كمال الدين الفارسى " كتاب البصائر فى علم المناظر"، مثلما يدرك تماما أن أبحاث ديكارت الفرنسى ونيوتن الانجليزى فى ظاهرة قوس قزح، تكاد تكون مقتبسة من هذا الكتاب.

فيوضح تحليل كتاب البصائر فى علم المناظر أن كمال الدين الفارسى يُعد أول من أشار إلى نظرية الاستطارة الحديثة والتى تفسر رزقة السماء نتيجة استضاءة الهواء من ضوء الشمس، فيدُرك لون السماء بعد طلوع الشمس أزرق، وبعد غيابها بالليل يدرك أسود، كما يقول [1]: الظل الذى يظهر فى الماء رقيقا إذا تضاعف لكثرة عمق الماء صار ظلمة. وعند الحقيقة حاله كحال زُرقة السماء، لأن الضوء لما عُدم فيهما أدركا مظلمين. فأما لم يحصل ههنا سواد وهناك زُرقة فلأن الهواء المستضئ الحامل لبياض النهار أكثر مساحة من الماء المستضئ، ويعين على سواد لون الماء ما ينعكس إلى البصر من سطحه من زُرقة السماء.

كما طور كمال الدين نظرية قوس قُزح، بعد أن وقف على مواطن الضعف فى مثيلتها عند الحسن بن الهيثم، وأثبت أن الظاهرة فى قوس قزح أشد ارتباطا بالانعطاف منها بالانعكاس كما يقول [2]: حواشى المخروطات المنعطفة بانعكاس وانعكاسين إلى أربعة تكون ذات ثلاثة ألوان، فالطبقة الأولى التى هى نهاية المخروط تكون ذات لون أحمر إلى دكنة متدرجة، فما يلى الحاشية أميل إلى الكمودة، وما يلى الوسط أشد إشراقاً، والطبقة الوسطى تكون صفراء نيرة الصفرة، والطبقة الثالثة التى تلى الوسط ذات زرقة نورية أو خضرة نورية، فإذا كان البصر فيما بين النير وهواء فيه رش كثير متصل فإنه يحدث لكل من الكرات الرشية منعطفان بانعكاس واثنين كما ذكرنا، ولأن سهام الجميع تجتمع عند مركز النير، فسهم واحد منها يمر بمركز البصر ويكون البصر فى وسط منعطفهما الأول أى

---

(1) كمال الدين الفارسى، كتاب البصائر فى علم المناظر، تحقيق مصطفى موالدى، ص321.
(2) المصدر نفسه، ص417- 418.

بانعكاس وخارجاً عن الثانى؛ فإذا جاوزنا تلك الكرة إلى ما يليها كان البصر مائلاً عن وسط المنعطف الأول لها ، فإن كانت الثالثة متيامنة عن الأولى، كان ميل البصر من وسطه إلى اليسار، وعلى ذلك كلما كانت أبعد عن الأولى، كان البصر أميل إلى حاشية منعطفها الأول، إلى أن تحصل فى الطبقة الثالثة فيرد إليه زرقتها ، فترى زرقة مستديرة وذات عرض، وبعد ذلك طبقة صفراء نورية مستديرة أيضاً ، وبعدها طبقة حمراء كذلك. ثم بعد ذلك يخرج البصر من المنعطفات الأولى ويكون بين المنعطفين فتدرك ظلمة ، وعلى ذلك إلى أن يدنو من حاشية المنعطف الثانى فيداخله ، وأول ما يقع داخلاً يرد إلى حمرة الطبقة المتطرفة فيحدث طبقة حمرة مستديرة، ثم صفرة نورية ، ثم زرقة كذلك، ويكون مركز الاستدارات جميعاً على الخط الواصل بين البصر والنير، فيلزم حدوث قوسين على ما يشاهد وأن يكون ما بينهما ظلمة بيّنة إذا كانت الأجزاء الرشيمة متكاثفة ، لأن من سائر الكرات ترد إلى البصر صورة الشمس ضرورة فتكون أجزاء الهواء الفوقانى والتحتانى فيها بعض الضوء دون ما بينهما ، ويكون عندما يكون النير على الأفق نصف دائرة ويصغر عنه بقدر ارتفاع النير وأما حدوثها عن القمر بيضاء ، فذلك لضعف نور القمر وذلك حق.

من ذلك يتضح أن كمال الدين الفارسى طوّر نظرية قوس قزح، ووضع لها الشكل النهائى فى الحضارة الإسلامية معللاً أمرين فى هذه الظاهرة، الأول: هيئة قوس قزح التى يظهر عليها فى السماء كقوس أو كقوسين متحدى المركز، والثانى: ترتيب الألوان فى كل من القوسين.

واستطاع كمال الدين التوصل من ذلك إلى تفسير جديد لظاهرة قوس قزح، مؤداه: إن قوس قزح الأول ينتج عن انكسارين للضوء وانعكاس واحد ،

وينتج الثانى عن انكسارين وانعكاسين، وبرهن على تحديد انكسار ضوء الشمس خلال قطرات المطر وهو الانكسار الذى يُحدث ظاهرة قوس قزح، وذلك عن طريق تمرير شعاع من خلال كرة زجاجية.

وبذلك عُد كمال الدين الفارسى أول من تكلم فى نظرية الضوء الموجية، وبنظريته تلك، أضاف إضافة علمية جديدة لعلم الضوء لم يسبقه إليها ابن الهيثم، ولا غيره من العلماء المسلمين، كما سبق بها بحوث ديكارت ونيوتن عن قوس قزح.

كما أوضح كمال الدين بعض مظاهر الخداع البصرى، حين صبغ وجه حجر الطاحون بعدة ألوان وأداره بسرعة، فوجد أنه لا يظهر إلا لون واحد، وليس امتزاج الألوان، وأخذ نيوتن هذا الكشف العلمى، وادعى ابتكاره اسطوانة الألوان وسماها باسمه، مع أنها حجر طاحون كمال الدين الفارسى!

الفصل السابع
نتائج الدراسة

الفصل السابع
نتائج الدراسة

وقفت الدراسة عبر فصول هذا الكتاب على أهم اكتشافات وإبداعات علماء المسلمين فى الفيزياء التطبيقية، والهنسة الميكانيكية. وفى الختام يمكن الإنتهاء إلى أهم النتائج التى انتهت إليها الدراسة فى نقاط محددة فيمايلى:

بيّنت الدراسة كيف تعرف علماء الحضارة الإسلامية على الموضوعات التى كانت تشكل عادة مادة الفيزياء الكلاسيكية هى: الكهربية والمغناطيسية والحرارة، والصوت، والبصريات، وميكانيكا الجوامد والموائع.ودرسوا الكهربية والمغناطيسية، فكان معلوماً فى عصر ازدهار العلوم الإسلامية أن تدليك الكهرمان والمسك يُحدث شحنة كهربية. وقد تعارف العلماء على صدع فى صخرة بجبل آمد من العراق، إذا احتك بهذا الصدع قطعة حديدية كالسكين أو السيف عدة مرات، فإنها تصير ممغنطة تلتقط الأجسام الحديدية الأخرى. أما الإبرة المغناطيسية الطليقة التى تطبق فى بوصلة السفينة، فإن المصادر العربية تؤكد يقيناً، وكذلك شهادات غربية، أن البحارة المسلمين استخدموها منذ وقت مبكر من القرن السادس الهجرى/الثانى عشر الميلادى. فإذا كان بعض الباحثين الغربيين ينسبون اختراع البوصلة إلى الصينيين، فهناك من يرد عليهم من الباحثين الغربيين أيضا، أولئك الذين اطلعوا على مصادر المسلمين فى التقنية ودرسوها، وانتهوا بانصاف إلى التقرير بسبق المسلمين فى اختراع البوصلة.

ودرست الحرارة فى الحضارة الإسلامية ضمن الدراسات المناخية والجغرافية والفلكية، وربما تكون قد دُرست كموضوع علمى كمى يتعلق

بقياس درجتها، ولكن لم تظهر حتى الآن كتابات تؤيد ذلك. أما الصوت، فقد بحث العلماء المسلمون فى منشئه وكيفية انتقاله، فكانوا أول من عرف أن الأصوات تنشأ عن حركة الأجسام المحدثة لها، وانتقالها فى الهواء على هيئة موجات تنتشر على شكل كروى. وهم أول من قسم الأصوات إلى أنواع، وهم أول من علل صدى الصوت قائلين بإنه يحدث عن انعكاس الهواء المتموج من مصادقة عالٍ كجبل أو حائط، وقد وُجد فى بعض مؤلفات أبى الريحان البيرونى ما يشير إلى أنه قد تحقق من أن سرعة الضوء تفوق كثيراً سرعة الصوت. ودُرس الصوت فى الحضارة الإسلامية وتركزت دراسته فى نظرية الموسيقى التى اتضحت فى مؤلفات الكندى والفارابى وابن سينا.

وقدمت الدراسة الأدلة على أن الشيخ الرئيس ابن سينا اكتشف القانون الأول للحركة ودوّن منطوقه فى كتابه "الإشارات والتنبيهات" قائلا :إنك لتعلم أن الجسم إذا خُلى وطباعه، ولم يعرض له من خارج تأثير غريب، لم يكن له بد من موضع معين وشكل معين، فإن فى طباعه مبدأ استيجاب ذلك، وليست المعاوقة للجسم بما هو جسم، بل بمعنى فيه يطلب البقاء على حاله.وهذا هو قانون الحركة الأول الذى تنطق به كل كتب الفيزياء فى العالم. وبعد ستة قرون من رحيل مكتشفه الأولى الشيخ الرئيس ابن سينا، يأتى اسحاق نيوتن ويأخذ هذا الكشف المهم ويضمنه كتابه " الأصول الرياضياتية للفلسفة الطبيعية" مصاغا هكذا: " إن الجسم يبقى فى حالة سكون أو فى حالة حركة منتظمة فى خط مستقيم مالم تجبره قوى خارجية على تغيير هذه الحالة". وبهذا ادعى نيوتن اكتشاف قانون الحركة الأول، والحقيقة أن مكتشفه الأول هو الشيخ الرئيس ابن سينا قبل أن يولد نيوتن بستة قرون، والمستند كتاب " الإشارات والتنبيهات ". واكتشف العالم

المسلم أوحد الزمان هبة الله بن ملكا البغدادى قانون الحركة الثانى الذى يعرف فى الفيزياء حاليا بقانون العجلة. ففى فصل الخلاء من كتابه الأشهب "المعتبر فى الحكمة" يدوّن ما توصل إلى اكتشافه قائلا: "تزداد السرعة عند اشتداد القوة، فكلما زادت قوة الدفع، زادت سرعة الجسم المتحرك وقصر الزمن لقطع المسافة المحددة". وإنما الأجسام فى حركاتها بجر بعضها بعضا، ويدفع بعضها بعضا بالتجاور على التعاقب، ولا يفارق جسم جسما إلا بجسم يحصل بينهما ولا يتحرك جسم مالم يندفع ما فى وجهه وينجر ما خلفه من الأجسام، وأن الأكثف منها يجر الألطف الأرق ويدفعه ويحركه، ولا ينعكس الأمر.أخذا نيوتن قانون أوحد الزمان هذا وادعى اكتشافه قائلا : "إن القوة اللازمة للحركة تتناسب طرديا مع كل من كتلة الجسم وتسارعه، وبالتالى فإنها تقاس كحاصل ضرب الكتلة فى التسارع بحيث يكون التسارع فى نفس اتجاه القوة وعلى خط ميلها". وهذا ما يعرف فى تاريخ علم الفيزياء بقانون الحركة الثانى الذى ادعاه نيوتن زورا، فكتاب "المعتبر فى الحكمة" لهبة الله بن ملكا يثبت بما لا يدع مجالا للشك أنه أول من اكتشف هذا القانون الثانى من قوانين الحركة، ليس ذلك فحسب، بل هو أيضا أول من اكتشف القانون الثالث والأخير منها، وكذلك فعل نيوتن بما فعله بالقانون الثانى!. فلقداكتشف أوحد الزمان القانون الثالث والأخير من قوانين الحركة وعبر عنه باسلوبه فى كتابه " المعتبر فى الحكمة " قائلا : " إن الحلقة المتجاذبة بين المصارعين لكل واحد من المتجاذبين فى جذبها قوة مقاومة لقوة الآخر، وليس إذا غلب أحدهما فجذبها نحوه تكون قد خلت من قوة جذب الآخر، بل تلك القوة موجودة مقهورة، ولولاها لما احتاج الآخر إلى كل ذلك الجذب". أخذ نيوتن هذا القانون من مكتشفه أوحد الزمان أبى

البركات هبة الله بن ملكا، وادعى أنه أول من اكتشفه، وصاغه بالصورة التى عرفها العالم هكذا: " لكل فعل رد فعل مساو له فى المقدار ومضاد له فى الاتجاه".

وفى فصل الميكانيكا أوضحت الدراسة كيف يُعد ثابت بن قرة، فى نظر الغربيين أعظم هندسى عربى على الإطلاق، فهو الذى ترجم الكتب السبعة من أجزاء المخروطات فى كتب أبللوليوس الثمانية إلى العربية فحفظ لنا بذلك ثلاثة كتب من مخروطات أبللونيوس فقدت أصولها اليونانية. وساعده بنوموسى فى ذلك، فقدموه إلى الخليفة المعتضد، فأكرم وفادته ... وكتب ثابت عدد من المؤلفات فى الفلك والهندسة مبسطاً فيها ما غمض من الفكر والعبارات فى كتب الأقدمين مستنبطاً مسائل جديدة، فى الهندسة وعلم الحيل، والجذور الصم، وعُد أحد العلماء الأوائل فى العالم الإسلامى الذين بحثوا فى الفيزياء، وضمّن بحوثه الفيزيائية عدة مؤلفات مهمة فى الاستاتيكا ونظرية العزوم، ومؤلف فى الميزان القبانى.

و بيّنت الدراسة أن التقاليد العربية المدونة فى علم الحيل"المكانيكا" تبدأ بكتاب "الحيل" لبنى موسى بن شاكر(محمد ،احمد ، الحسن) أبناء موسى بن شاكر، هولاء الاخوة التى اجمعت المصادر التاريخية على أنهم نشأوا فى بيت الحكمة المأمونى فى جو مشبع بالعلم. بحثت جماعة بنى موسى بن شاكر فى مجالات علمية عدة، أهمها الهندسة والميكانيكا والفلك والجغرافيا ،الا أن أهم وأشهر عمل جماعى لجماعة بني موسى، فهو "كتاب الحيل"، "مجلد واحد عجيب نادر يشتمل على كل غريبة. وبهذا الكتاب ارتبط اشتهار بنى موسى حتى يومنا هذا أكثر من أى كتاب آخر لهم. ولعل ذلك يرجع إلى أنه أول كتاب علمى عربى يبحث فى الميكانيكا،

وذلك لاحتوائه على مائة تركيب ميكانيكى. فوصف بنو موسى في كتابهم وركبوا مائة 100 آلة بارعة تميزت عمن قبلهم ومن تلاهم بخاصية التحكم الذاتي Automatic controls وقد تعرضت الدراسة لبعضها ووقفت على أستخدام بنى موسى في إبتكار وتصميم أجهزتهم مبادئ علم سكون السوائل والموائع ومبدأ توازن الضغوط بصورة فريدة. ويعد استخدام بنى موسى للصمامات المخروطية وأعمدة المرافق التى تعمل بصورة آلية ذا أهمية كبيرة فى تاريخ التكنولوجيا بشكل عام، فقد أستخدموا فى بعض أجهزتهم نظاما شبيها بآلية عمود المرافق الحديث، وسبقوا بذلك أول وصف لعمود المرافق فى أوربا بخمسمائة عام.وانتهت الدراسة إلى أن آلات بني موسى تبرز بصورة واضحة نظام التحكم الذاتي Automatic Controls، فقد أظهروا مهارة فائقة في استخدام تغيرات بسيطة في الضغط الهيدروستاتيكي والضغط الايروستاتيكي، وفي دمج صممات مخروطية تعمل ذاتيا في أنظمة السريان. والصمام المخروطي بالغ الأهمية في تقنية الآلات الحديثة، بالإضافة إلى الآليات ثنائية الحركة المتضمنة صمماً مخروطياً ثنائي الفعل، والتحكم بالتغذية الأستردادية بإستخدام وسائل هوائية.

وفى فصل الاستاتيكا والهيدروستاتيكا أوضحت الدراسة كيف شغلت مسألة الوزن بكافة مناحيه أهتمام وأبحاث العلماء فى العالم الإسلامى، فالعالم العظيم أبو الريحان البيرونى إلى جانب كونه فيلسوفاً وجغرافيا وفلكياً ولُغوياً ورياضياتيا، كان عالماً فيزيائيا من الدرجة الأولى، حيث دوّن تجاريه لحساب الوزن النوعى لثمانية عشر عنصراً، وتكاد قياساته لا تختلف عن مثيلتها الحديثة إلا فى بعض النسب العشرية البسيطة. ووضع البيرونى القاعدة التى تنص على أن الكثافة النوعية للجسم تتناسب مع

حجم الماء الذى يزيجه وشرح كذلك أسباب خروج الماء من العيون الطبيعية والآبار الارتوازية بنظرية الأوانى المستطرقة. وكذلك ناقش الرياضياتى والفلكى الشهير عمر الخيَام مسألة تعيين كميتى فلزين فى سبيكة منهما.

وبيّنت الدراسة أن أهم وأشمل مؤلف فى الميكانيكا فى العصور الإسلامية (الوسطى) هو كتاب ميزان الحكمة للخازن الذى يُعد من أهم كتب العلم الطبيعة بعامة وعلم الميكانيكا وعلم الهيدروستاتيكا بخاصة حيث ترجم إلى اللغات الغربية: اللاتينية، والإيطالية، وشكل ركيزة أساسية فى قيام العلم الطبيعى الحديث، حتى قال روبرت أى هال فى صاحبه: لأن الخازن هو صانع الآلات العلمية باستخدام قانون اتزان الموانع، فإنه لا يترك مجال للشك بأنه أعظم العلماء فى أى زمن كان قديمه وحديثه.ويزيد من قيمة كتاب ميزان الحكمة حقيقة، على رأى هيل، أن الخازن عرض فيه لتاريخ علم السكون أى الاستاتيكا Statics، وعلم توازن الموانع وضغطها، أى الهيدروستاتيكا Hydrostatics.

وبيّنت الدراسة أن المطلع على كتاب جاليليو"محاورات حول العلمين الجديدين"، وكتاب نيوتن "البرنسيبيا"الكبير ،يجد أنهما نقلا حرفيا كثيرا من مسلمات عبد الرحمن الخازن التى ضمّنها كتابه "ميزان الحكمة" وقامت عليها علوم الميكانيكا والديناميكا والاستاتيكة الحديثة ومنها بلفظ الخازن :الثقل: هو القوة التي بها يتحرك الجسم الثقيل إلى مركز العالم. الجسم الثقيل: هو الذي يتحرك بقوة ذاتية أبدا إلى مركز العالم فقط، أعني أن الثقيل هو الذي له قوة تحركه إلى نقطة المركز، و في الجهة أبدا التي فيها المركز، و لا تحركه تلك القوة في جهة غير تلك الجهة ، و تلك القوة هي لذاته لا مكتسبة من خارج و غير مفارقة له ما دام على غير المركز و

متحركا بها أبدا ما لم يعقه عائق إلى أن يصير إلى مركز العالم. ولم يكتف نيوتن وجاليليو بأخذ قوانين الثقل من الخازن، بل جاء تلميذ الأخير وهو ايفانجليستا تورشيللى الايطالى(1608- 1647) وادعى اكتشافه لظاهرة الضغط الجوى، بل واشتهر فى تاريخ العلم باختراعه جهاز البارومتر الزئبقى الذى يقيس الضغط الجوى. لكن هذا الإدعاء سرعان ماينكشف إذا ما نظرنا فى كتاب الخازن "ميزان الحكمة" حيث بحث الخازن فى هذا الكتاب ظاهرة الضغط الجوي قبل توريتشلي بخمسمائة سنة! فلقد ادرك الخازن أن للهواء وزنا ،وعلى ذلك فان وجود الجسم فى الهواء لايعنى وزنه الحقيقى،بل ينقصه وزن الهواء بقدر حجم ذلك الجسم.وعلى ذلك لم يكن تورتشيلى أول من أوجد للهواء وزنا ،بل العالم العربى المسلم عبد الرحمن الخازن الذى تناول وزن الهواء فى كتابه "ميزان الحكمة" ،كما اثبت أن للهواء قوة رافعة كالسوائل، وأن وزن الجسم المغمور فى الهواء يقل عن وزنه الحقيقى،وأن مقدار ما يقل منه يتبع كثافة الهواء.كذلك أجرى الخازن أبحاثا وتجارب مهمة لإيجاد العلاقة بين وزن الهواء وكثافتة ، وأوضح أن وزن المادة يختلف فى الهواء الكثيف عن الهواء الخفيف أو الأقل كثافة ، وذلك يرجع لاختلاف الضغط الجوي . واخترع الخازن ميزانا عجيبا لوزن الأجسام فى الهواء وفى الماء، اسماه الميزان الجامع، واخترع آلة لقياس الوزن النوعى للسوائل، واستخرج الأوزان النوعية لكثير من السوائل والمعادن.فلقد وصف الخازن فى كتابه "ميزان الحكمة" موازين متنوعة طورها العلماء المسلمون، لينتهى منها بوصف تفصيلى لميزانه الذى أسماه "ميزان الحكمة" أو "الميزان الجامع"، وهو آلة الوزن التى صممها بعناية للقياسات بالغة الدقة. وهى تمثل ذروة انجازات المسلمين فى هذا الفرع من

الفيزياء التطبيقية. ويكرر دونالدهيل القول بإن كتاب "ميزان الحكمة" يمثل ذروة قرون من التطورات الإغريقية والإسلامية فى علم الأوزان وتعين الأثقال النوعية، وغير ذلك.

وفى فصل الآلات والتقنيات الدقيقة أوضحت الدراسة كيف أبدع ابن خلف المرادى فى القرن السادس الهجرى الثاتى عشرالميلادى كتابه"الاسرار فى نتائج الافكار" شارحا فيه كيفية تركيب ما يقرب من خمسة وثلاثين نوعا من الالات الميكانيكية، ومنها ابتكار المرادى لخمس آلات أتوماتيكية تتضمن عناصرعدة مهمة، لعل أعظمها دلالة استخدام المرادى لسلاسل تروس معقدة بالإضافة إلى أن هذه الآلات تدار بدواليب مائية.

فالمرادى ابتكر أول خمس آلات ذاتية الحركة تُعد هى الأهم فى تاريخ التقنية. وتضمن كتاب المرادى تجهيزه بتقنية عالية لقاعة محركات بجوار مقصورة الخليفة بقصر جبل طارق تسمح بتحريك جدران المقصورة أليا.كما وضع المرادى تقنيات عالية لطواحين الهواء والمكابس المائية، وابتكر ساعة شمسية متطورة وغاية فى الدقة. وفى جامع قرطبة ابتكر المرادى تقنية عالية لحامل المصحف الشريف بفتحه آليا وتقليب صفحاته بدون أن تمسها يد، حيث توضع المجموعة المكونة من الحامل والمصحف على رف متحرك فى صندوق مغلق موضوع باعلى المسجد ، وعندما يدار مفتاح الصندوق، ينفتح باباه آليا نحو الداخل ويصعد الرف تلقائيا حاملا نسخة المصحف الى مكان محدد، وتتقلب صفحاتة ذاتيا. واذا أدخل المفتاح من جديد فى قفل الصندوق وأدير عكس الاتجاه السابق تتوالى الحركات السابقة بالترتيب المعاكس وذلك بفضل الآلات والسيور التى اخفاها المرادى عن الاعين. وانتهت الدراسة

إلى أن آلات المرادى احتوت، بدون أدنى شك، على نظام التروس القطاعية Segmental Gears التى امتدت أهميتها إلى اليوم.

وفى القرن السادس الهجرى الثاتى عشر الميلادى جمع بديع الزمان أبو العز بن إسماعيل الرزاز الملقب الجزرى بين العلم والعمل، وصمم ووصف نحو خمسين آلة ميكانيكية فى ست تصنيفات مختلفة ضمنها أهم وأروع كتبه والذى وصفه مؤرخ العلم الشهير جورج سارتون بأنه يمثل الذروة التقنية للمسلمين، وهو كتاب " الجامع بين العلم والعمل النافع فى صناعة الحيل " ففيه : تصميم الجزرى للمضخة ذات الأسطوانتين المتقابلتين وهى تقابل حاليا المضخات الماصة والكابسة، واخترع العمود المرفقى crank shaft، وبعض أول الساعات الميكانيكية التى تعمل بالماء والأثقال وبنظام تنبيه ذاتي، وآلات رفع الماء، وصب المعادن فى صناديق القوالب المغلقة باستخدام الرمل الأخضر، وتغليف الخشب لمنع التوائه، والموازنة الاستاتيكية للعجلات، واستخدام النماذج الورقية لتمثيل التصميمات الهندسية. فمن دراسة فصول الكتاب بيّنت الدراسة مدى إلمام الجزري بكل الفنون الميكانيكية والهيدروليكية ولذا عُد كتابه أهم مؤلف هندسي وصل إلينا من جميع الحضارات القديمة والوسيطة وحتى عصر النهضة الاوربية. وتبرز أهمية الكتاب في احتواءه على أوصاف دقيقة للآلات الميكانيكية التي ابتكرها الجزري، وكذلك طرائق صنعها، تلك التي مكنت الفنيين من صنعها في عصرنا الحالي. خصص الجزري في كتابة "الجامع بين العلم والعمل النافع في صناعة الحيل" بابا خاصاً لآلات رفع الماء ابتكر فيه ووصف خمسة أنواع ميكانيكية عملت على دفع عجلة علم الهندسة الميكانيكية إلى الأمام. الآلة الأولى تعد من أكثر الآلات أهمية ودلالة في تطور تقنيات الآلات وهى

المضخة الكابسة التي اخترعها الجزري، وهي كما يصفها: عبارة عن مضخة كابسة ذات وسيلتين متبادلتين للدفع، الأولى عجلة ذات ريش أفقية تدار بقوة تيار مائي، ويدخل محور هذه العجلة فى الآلة مباشرة من غير أى تتريس. الوسيلة الثانية عبارة عن عجلة تجديف مثبتة على محور أفقي فوق مجرى الماء.وأرجع دونالد هيل أهمية مضخة الجزري إلى ثلاثة أسباب: أولها: هي أحد الأمثلة المبكرة لتحويل الحركة الدورانية إلى حركة ترددية متناوبة بواسطة ذراع الشقب. ثانيها: هي إحدى أقدم الآلات التي تجسد مبدأ الفصل المزدوج. ثالثهما: هي أول نموذج معروف لحالة مضخة ذات أنابيب إدخال حقيقية (الانابيب الماصة) وكانت المضخات اليدوية عند الإغريق والرومان تغوص رأسيا في الماء مباشرة، ويدخل إليها الماء من خلال صمامات بشكل صفائح مثبتة اسفل الأسطوانات عند مركزها.

وبيّنت الدراسة أن الوصف الذي قدمه الجزري لآلة رفع المياة الثانية له أهميته في تاريخ علم الهندسة الميكانيكية إذ تضمن لأول مرة وصفا جزئياً للدولاب المسنن، ولم يستخدم هذا النوع من المسننات في أوربا إلا بعد الجزري بقرنين من الزمان. ومن وصفه للآلة الثالثة، توصل الجزري إلى اكتشاف قوة الدفع التي تتولد عن الحركة الدائرية، فيضع نظريته الفيزيائية الأهم القائلة "إن الحركة الدائرية يمكنها أن تولد قوة دافعة إلى الأمام". وقادته نظريته تلك إلى اكتشاف عمود الكامات Camshaft وهو العمود الذي يدور بضغط مكابس المحرك فتتولد قوة دافعة إلى الامام كما يحدث في الضاغطات والمحركات الحديثة. وفى الآلة الخامسة استخدم الجزري لأول مرة في تاريخ الهندسة الميكانيكية آلية المرفق والكتلة المنزلقة Scotchgoke Mechanism التي تحول الحركة الدورانية إلى حركة

ترددية خطية. ويُعد هذا النموذج أول دليل لدينا على أستخدام الكرنك Crank بوصفه جزءاً من الآلة.

أما الساعات التى اخترعها الجزرى ومنها الساعة المائية التى درسها دونالدهيل وشاهدها على صورة فاكسميلى بالمقياس الطبيعى، فلاحظ أنه لم يكن ممكنا أن يكتشف بالعين المجردة أى تغير فى المستوى بغرفة العوامة، فقال: هذه فكرة عبقرية لأول مثال معروف للتحكم بالتغذية الاستردادية Feed-back control. فهذه الساعة التى اخترعها الجزرى ما زالت تثير اعجاب المشاهدين لها ودهشتهم، فهى ساعة مائية دقاقة تحدد الوقت وتقدم إشارات تقوم بأدائها دُمى، لدوران دائرة البروج، وتعاقب الشمس والقمر فى فلكهما المستمر. وأوضحت الدراسة أن ساعة الفيل التى اخترعها الجزرى تعد من بدائع ما صنع الانسان إلى اليوم، وهى ساعة على شكل فيل، تعمل بواسطة نظام ماء متدفق مخبأ فى بطن الفيل. وصنع الجزرى الفيل بطريقة هندسية مبتكرة. وقد اخترع الجزرى أيضا بنبوع واضح أدق ساعة شمعية فى التاريخ، حيث احتوت على تقنية الحركة الذاتية، وذلك عن طريق شمعة وضعت على صحن خفيف تحتع اسطوانات، وكلما احترقت الشمعة وخف وزنها دفعت الاسطوانات الصحن إلى أعلى بشكل مستمر. فلقد استخدم الجزرى فى ساعات الشمعة تقنية لم يسبقه إليها أحد ولا تزال مستخدمه إلى يوم الناس هذا، وهى تقنية توصيل الأجزاء بطريقة الفحل والأنثى Male female connecor. كما تقدم ساعة الشمعة فكرة ما يُعرف اليوم بـ stop watch ستوب ووتش لقياس الزمن الذى تستغرقه عملية ما.

وانتهت الدراسة فى الجزرى إلى أنه يعد أول مهندس غير مفاهيم الهندسة

باستخدامه الترس أو"الدولاب المسنن" ،وذراع التدوير "الكرنك" و"المكبس" البستون، وعمود التدوير.ومن المثير والمدهش أن الجزرى يعد أول من صنع الانسان الآلى فى التاريخ،كما يرجع الفضل للجزرى أنه واضع الاساس الذى تقوم عليه المحركات العصرية، وذلك باختراعه نماذج عدة لساعات وروافع آلية تعتمد على نظام التروس المسننة فى نقل الحركة الخطية الى حركة دائرية تماما كما هو سائد حاليا.. الى غير ذلك من الأعمال الهندسية والميكانيكية التى تحتل - على رأي دونا لدهيل - أهمية بالغة فى تاريخ الهندسة حيث تقدم ثروة من مبادئ تصميم وتصنيع وتركيب الالات تلك التى ظهر أثرها فى التصميم الميكانيكي للمحرك البخاري، ومحرك الأحتراق الداخلي والتحكم الآلي والتى لا تزال آثارها ظاهرة حتى الآن.

وبيّنت الدراسة أن تقى الدين الدمشقى فى القرن العاشر الهجرى/السادس عشر الميلادى أبدع كتابه "الطرق السنية فى الالات الروحانية"محتويا لاول مرة فى تاريخ العلم على مفهوم الرسم الهندسى الحديث ذى المساقط ، ففى عرضه وتوصيفه للالات ،تراه يصف ويشرح ويوضح كل شيئ يتعلق بالآلة عن طريق جمعه بين مفهوم المساقط ومفهوم الرسم المجسم (المنظور) فى رسم واحد. ولأول مرة فى تاريخ الهندسة والتكنولوجيا يستخدم تقى الدين "كتلة الاسطوانة"بعدد ست اسطوانات على خط واحد،كما أبدع عمل الاسطوانات على التوالى،وذلك باستخدامه "عمود الكامات" المزود بعدد ست نتوءات تتوزع بنظام دقيق على محيط الدائرة.ويعد هذا المفهوم الديناميكى المتقدم لتجنب "التقطع" واتباع "التتابع" هو البنية الاساسية التى قامت علها الضواغط متعددة الاسطوانات وتقنية المحركات الحديثة.وفى سنة1629 أعلن جيوفانى برانكا زورا أنه أول من

اكتشف المحرك البخارى الذى يعمل بالطاقة البخارية. وحقيقة الأمر أنه أخذ هذا الكشف من كتاب "الطرق السنية فى الآلات الروحانية" لصاحبه تقى الدين الدمشقى الذى اخترع أول نموذج للتوربين البخارى ذاتى الدوران الذى يعمل بقوة البخار والرافعة الدخانية، ففى كتابه السابق ذكره قدم تقى الدين وصفا للأجزاء الأساسية التى يتكون منها التوربين البخارى. وفى كتابه "الأشم" وصف تقى الدين وصمم آلات الدوران باستخدام "العنقات" تلك التى تعرف اليوم بالمراوح البخارية، كما وصف وصمم العديد من الآلات والاجهزة الميكانيكية مثل الروافع بالبكرات والمسننات (التروس)، والنافورات المائية، علاوة على الآلية والرملة والمائية. وفى سبق علمى يحسب له وللحضارة الاسلامية، يسبق تقى الدين "مورلاند" الذى ادعى عام1675 أنه أول مصمم للمضخة المكبسية، فكتاب "الطرق السنية فى الالآت الروحانية" يثبت بما لايدع مجالا للشك بأن مؤلفه تقى الدين الدمشقى دوّنه أول تصميم للمضخة المكبسية ذات الاسطوانات الست، وقدم توصيفا لها يتضمن أنه وضع على رأس قضيب كل مكبس ثقلا من الرصاص يزيد وزنه عن وزن عمود الماء داخل الانبوب الصاعد الى أعلى.

وفى البحث فى علم الضوء، بيّنت الدراسة كيف اعترف المنصفون من علماء الغرب بأن الحسن بن الهيثم أبطل علم المناظر الذى وضعه اليونان، وأنشأ علم الضوء بالمعنى الحديث. ففى كتابه "المناظر" الذى ضمّنه الكثير من النظريات المبتكرة فى مجال البصريات، دشن ابن الهيثم أشهر نظرياته وأعظم مآثره، وهى نظريته فى كيفية الإبصار التى أبطل بها النظرية اليونانية التى كانت شائعة فى عصره، والتى مفادها إن الإبصار يتم من خلال شعاع يخرج من العين إلى الجسم المبصر. فقال ابن الهيثم بإن الشعاع

يأتى من الجسم المرئى إلى العين، حيث يتم الإبصار إذا توفرت ثمانية شرائط يراها لازمة لإدراك المُبصَر، وهى: الاستضاءة، البعد المعتدل، المواجهة، الحجم المقتدر، الكثافة، شفيف الوسط، الزمان، سلامة البصر. وبيّنت الدراسة أهمية نظرية الإبصار التى وضعها ابن الهيثم منذ أكثر من تسعة قرون، متناولاً إياها وما يرتبط بها من مسائل كثيرة بالدرس والشرح، ومدركاً ما لهذه المسائل من الخطورة فى موضوع الإبصار، فى حين أن هذه الناحية من الإبصار لم يبدأ يُعنى بها بعد نهضة العلم الحديثة فى أوروبا إلا فى النصف الأول من القرن العشرين. ومن أهم كشوفات ابن الهيثم فى الضوء التى انتهت إليها الدراسة وأثبتها العلم الحديث، مذهبه فى أن للضوء سرعة، فانتقال الضوء فى الوسط المشف لا يكون آنيا، أى دفعة واحدة وفى غير زمان، بل يستغرق زمانا مقدوراً. هذا فى الوقت الذى ساد لدى علماء النهضة الأوربية أمثال كبلر وديكارت أن حركة الضوء لا زمان لها، ولا يستغرق فى انتقاله من مكان إلى آخر مهما يكن البعد بينهما أى زمن لأن سرعة الضوء لانهائية. ولم يؤيد العلم الحديث اكتشاف ابن الهيثم – القائل بأن الضوء يسير فى زمان – بالتجارب التى أثبتت أنه حقيقة علمية، إلا فى منتصف القرن التاسع عشر.

وأوضحت الدراسة كيف أن ميسرة علم الضوء الذى أسسه الحسن بن الهيثم قد استمرت فى القرن السابع الهجرى / الثالث عشر الميلادى على يد كمال الدين الفارسى الذى راعه كتاب "المناظر" لابن الهيثم، وأيقن أهمية إظهاره ونشره، فعكف على دراسته، ووضع فى النهاية كتابه "تنقيح المناظر لذوى الأبصار والبصائر"، وفيه درس كمال الدين كيفية انعكاس الضوء والإبصار فى كرة مشفة واحدة، وفى كرتين

مشفتين، وتعد هذه الدراسات من أهم انجازات كمال الدين الفارسى الذى أوضحت الدراسة كيف اختصر كتابه "تنقيح المناظر لذوى الأبصار والبصائر" ونقحه وأضاف عليه، فخرج بمصنف آخر سماه "كتاب البصائر فى علم المناظر" بحث فيه كل المسائل المتعلقة بعلم المناظر، فبسط آراء سابقيه وشرحها وخاصة آراء الحسن بن الهيثم، ونقدها فى بعض المواضع، وأضاف ما توصل إليه من آراء علمية عملت على تطور علم المناظر وتقدمه، ومنها: أن كمال الدين الفارسى يُعد أول من أشار إلى نظرية الاستطارة الحديثة والتى تفسر زُرقة السماء نتيجة استضاءة الهواء من ضوء الشمس، فيُدرك لون السماء بعد طلوع الشمس أزرق، وبعد غيابها بالليل يُدرك أسود. كما طوّر كمال الدين نظرية قوس قزح، ووضع لها الشكل النهائى فى الحضارة الإسلامية ومؤداه أن قوس قزح الأول ينتج عن انكسارين للضوء وانعكاس واحد، وينتج الثانى عن انكسارين وانعكاسين، وبرهن على تحديد انكسار ضوء الشمس خلال قطرات المطر وهو الانكسار الذى يُحدث ظاهرة قوس قزح، وذلك عن طريق تمرير شعاع من خلال كرة زجاجية. وبذلك عُدْ كمال الدين الفارسى أول من تكلم فى نظرية الضوء الموجية، وبنظريته تلك أضاف إضافة علمية جديدة لعلم الضوء لم يسبقه إليها أحد من علماء المسلمين، وسبق بها بحوث ديكارت ونيوتن عن قوس قزح.

من كل ما سبق يتضح أن علوم الفيزياء التطبقية والهندسة الميكانيكية فى الحضارة الإسلامية تشغل حيزا مرموقا فى تاريخ العلم، وتشكل العلوم التى قامت عليها منظومة مهمة فى تأسيس وقيام العلوم الحديثة والمعاصرة.

وتلك هى النتيجة النهائية التى ينتهى إليها هذا الكتاب،

والله أعلم مما احتواه، لا آله سواه.

الفهرست

أعمال الدكتور خالد حربى

1- بُرء ساعة : للرازى (دراسة وتحقيق) ،دار ملتقى الفكر، الإسكندرية 1999، الطبعة الثانية ، دار الوفاء 2005 .

2- نشأة الإسكندرية وتواصل نهضتها العلمية. : الطبعة الأولى ، دار ملتقى الفكر ،الإسكندرية 1999.

3- أبو بكر الرازى حجة الطب فى العالم : الطبعة الأولى ، دار ملتقى الفكر ، الإسكندرية 1999 ، الطبعة الثانية ، دار الوفاء ، الإسكندرية 2006.

4- خلاصة التداوى بالغذاء والأعشاب : الطبعة الأولى ، دار ملتقى الفكر الإسكندرية 1999- الطبعة الثانية 2000، توزيع مؤسسة أخبار اليوم ، الطبعة الثالثة دار الوفاء، الإسكندرية 2006 .

5- الأسس الابستمولوجية لتاريخ الطب العربي : دار الثقافة العلمية، الإسكندرية 2001 ، الطبعة الثانية ، دار الوفاء، الإسكندرية 2005.

6- الرازى فى حضارة العرب : (ترجمة وتقديم وتعليق)، دار الثقافة العلمية، الإسكندرية 2002.

7- سر صناعة الطب : للرازى (دراسة وتحقيق)، دار الثقافة العلمية الإسكندرية 2002 ، الطبعة الثانية ، دار الوفاء ، الإسكندرية 2005.

8- كتاب التجارب : للرازى (دراسة وتحقيق)، دار الثقافة العلمية، الإسكندرية 2002، الطبعة الثانية دار الوفاء الإسكندرية 2005.

9- جراب المجربات وخزانة الأطباء : للرازى (دراسة وتحقيق وتنقيح)، دار الثقافة العلمية، الإسكندرية 2000، الطبعة الثانية دار الوفاء الإسكندرية 2005.

10- المدارس الفلسفية فى الفكر الإسلامى (1) " الكندى والفارابي" : الطبعة الأولى منشأة المعارف، الإسكندرية 2003 . الطبعة الثانية، المكتب الجامعى الحديث ، الإسكندرية 2009.

11- دراسات فى الفكر العلمى المعاصر (1) علم المنطق الرياضى : الطبعة الأولى ، دار الوفاء ، الإسكندرية 2003 .

12- دراسات فى الفكر العلمى المعاصر (2) الغائية والحتمية وأثرهما فى الفعل الإنسانى : الطبعة الأولى ، دار الوفاء ، الإسكندرية 2003 .

13- دراسات فى الفكر العلمى المعاصر (3) إنسان العصر بين البيولوجيا والهندسة الوراثية . : الطبعة الأولى ، دار الوفاء ، الإسكندرية 2003 .

14- الأخلاق بين الفكرين الإسلامى والغربى :الطبعة الأولى منشأة المعارف، الإسكندرية 2003. الطبعة الثانية ، المكتب الجامعى الحديث، الإسكندرية 2009.

15- العولمة بين الفكرين الإسلامى والغربى "دراسة مقارنة" : الطبعة الأولى ، منشأة المعارف ، الإسكندرية 2003 ، الطبعة الثانية دار الوفاء ، الإسكندرية 2007 ، الطبعة الثالثة ، المكتب الجامعى الحديث ، الإسكندرية 2010 .

16- العولمة وأبعادها . : مشاركة فى كتاب "رسالة المسلم المعاصر فى حقبة العولمة" ، الصادر عن وزارة الأوقاف والشئون الإسلامية بدولة قطر – مركز البحوث والدراسات ، رمضان 1424 ، أكتوبر – نوفمبر 2003.

17- الفكر الفلسفى اليونانى وأثره فى اللاحقين : الطبعة الأولى ، دار الوفاء ، الإسكندرية 2003 ، الطبعة الثانية ، المكتب الجامعى الحديث ، الإسكندرية 2009.

18- ملامح الفكر السياسى فى الإسلام : الطبعة الأولى دار الوفاء ، الإسكندرية 2003 ، الطبعة الثانية ، المكتب الجامعى الحديث ، الإسكندرية 2009.

19- THE ROLE of Orientalization in the west,s Attitude to Islam and its Civilization :Dar Al_Sakafa Al_Alamia, Alexandria 2003.

20- شهيد الخوف الإلهى ، الحسن البصري : الطبعة الأولى دار الوفاء ، الإسكندرية 2003 ، الطبعة الثانية ، دار الوفاء ، الإسكندرية 2006 .

21- دراســات فــى التصــوف الإسلامى : الطبعة الأولى دار الوفاء ، الإسكندرية 2003 .

22- بنيــة الجماعــات العليمــة العربية الإسلامية : الطبعة الأولى دار الوفاء ، الإسكندرية 2004.

23- نمــاذج لعلــوم الحضــارة الإسلامية وأثرها فى الآخر : الطبعة الأولى ، دار الوفاء ، الإسكندرية 2005 .

24- مقــالة فــى النقــرس للــرازى (دارسة وتحقيق). : الطبعة الأولى، دار الوفاء، الإسكندرية 2005، الطبعة الثانية ، المكتب الجامعى الحديث ، الإسكندرية 2009.

25- الـتراث المخطـوط: رؤيـة فـى التبصـير والفهـم (1) علـوم الـدين لحجـة الإسـلام أبـى حامد الغزالى. : الطبعة الأولى، دار الوفاء، الإسكندرية 2005.

26- الـتراث المخطـوط: رؤيـة فـى التبصير والفهم (2) المنطق. : الطبعة الأولى، دار الوفاء، الإسكندرية 2005.

27- علــوم حضــارة الإســلام ودورها فى الحضارة الإنسانية : الطبعة الأولى ، سلسلة كتاب الأمة ، قطر 2005.

28- علم الحوار العربى الإسلامى آدابه وأصوله". الطبعة الأولى ، دار الوفاء ، الإسكندرية 2006.

29- المســلمون والآخــر حــوار وتفاهم وتبادل حضارى . : الطبعة الأولى ، دار الوفاء ، الإسكندرية 2006. الطبعة الثانية ، المكتب الجامعى الحديث ، الإسكندرية 2009.

30- الأسر العلمية ظاهرة فريدة فى الحضارة الإسلامية . : الطبعة الأولى ، دار الوفاء، الإسكندرية 2006، الطبعة الثانية ، المكتب الجامعى الحديث ، الإسكندرية 2009.

31- العبــث بـتراث الأمـة فصـول متوالية (1) . : الطبعة الأولى ، الإسكندرية 2006.

32- العبث بتراث الأمة (2) مائية الأثـر الـذى فـى وجـه القمـر للحســن بــن الهيـثم فـى الدراسات المعاصرة . : الطبعة الأولى ، الإسكندرية 2006.

33- منهاج العابدين لحجة الإسلام الإمام أبى حامد الغزالى (دراسة وتحقيق) : الطبعة الأولى ، دار الوفاء ، الإسكندرية 2007 ، الطبعة الثانية ، المكتب الجامعى الحديث ، الإسكندرية 2010.

34- إبداع الطب النفسى العربى الإسلامى ، دراسة مقارنة بالعلم الحديث . :الطبعة الأولى ، المنظمة الإسلامية للعلوم الطبية ، الكويت 2007.

35- مخطوطات الطب والصيدلة بين الإسكندرية والكويت : الطبعة الأولى ، دار الوفاء ، الإسكندرية 2007.

36- مقدمة فى علم "الحوار" الإسلامى : الطبعة الأولى ، المكتب الجامعى الحديث ، الإسكندرية 2009.

37- تاريخ كيمبردج للإسلام ، العلم (ترجمه وتقديم وتعليق) الطبعة الأولى، المكتب الجامعى الحديث ، الإسكندرية 2009.

38- علوم الحضارة الإسلامية ودورها فى الحضارة الإنسانية : الطبعة الأولى ، المكتب الجامعى الحديث ، الإسكندرية 2009.

39- دور الحضارة الإسلامية فى حفظ تراث الحضارة اليونانية (1) أبقراط "إعادة اكتشاف لمؤلفات مفقودة". : الطبعة الأولى ، المكتب الجامعى الحديث ، الإسكندرية 2009.

40- دور الحضارة الإسلامية فى حفظ تراث الحضارة اليونانية (2) جالينوس "إعادة اكتشاف لمؤلفات مفقودة". : الطبعة الأولى ، المكتب الجامعى الحديث ، الإسكندرية 2009.

41- مدارس علم الكلام فى الفكر الإسلامى المعتزلة والأشاعرة : الطبعة الأولى ، المكتب الجامعى الحديث ، الإسكندرية 2009.

42- The Impact of Sciences of Islamic Civilization on Human Civilization: Al-maktab Al-gamaay Al-Hadis, Alexandria 2010.

43- أعلام الطب فى الحضارة :الطبعة الأولى، دار الوفاء الإسكندرية 2010.

الإسلامية (1) تياذوق، إعادة اكتشاف لنصوص مجهولة ومفقودة

44- أعلام الطب فى الحضارة الإسلامية (2) ماسرجويه البصرى، إعادة اكتشاف لنصوص مجهولة ومفقودة : الطبعة الأولى، دار الوفاء، الإسكندرية 2010.

45- أعلام الطب فى الحضارة الإسلامية (3) عيسى بن حكم، إعادة اكتشاف لنصوص مجهولة ومفقودة : الطبعة الأولى، دار الوفاء، الإسكندرية 2010.

46- أعلام الطب فى الحضارة الإسلامية (4) عبدوس، إعادة اكتشاف لنصوص مجهولة ومفقودة : الطبعة الأولى، دار الوفاء، الإسكندرية 2010.

47- أعلام الطب فى الحضارة الإسلامية (5) الساهر، إعادة اكتشاف لنصوص مجهولة ومفقودة : الطبعة الأولى، دار الوفاء، الإسكندرية 2010.

48- أعلام الطب فى الحضارة الإسلامية (6) آل بختيشوع، إعادة اكتشاف لنصوص مجهولة ومفقودة : الطبعة الأولى، دار الوفاء، الإسكندرية 2010.

49- أعلام الطب فى الحضارة الإسلامية (7) الطبرى، إعادة اكتشاف لنصوص : الطبعة الأولى، دار الوفاء، الإسكندرية 2010.

مجهولة ومفقودة

50- أعلام الطب فى الحضارة الإسلامية (8) يحيى بن ماسويه، إعادة اكتشاف لنصوص مجهولة ومفقودة : الطبعة الأولى، دار الوفاء، الإسكندرية 2010.

51- أعلام الطب فى الحضارة الإسلامية (9) حنين بن اسحق، إعادة اكتشاف لنصوص مجهولة ومفقودة : الطبعة الأولى، دار الوفاء، الإسكندرية 2010.

52- أعلام الطب فى الحضارة الإسلامية (10) اسحق بن حنين، إعادة اكتشاف لنصوص مجهولة ومفقودة : الطبعة الأولى، دار الوفاء، الإسكندرية 2010.

53- طب العيون فى الحضارة الاسلامية، أسس واكتشافات :الطبعة الاولى المكتب الجامعى الحديث، الاسكندرية2010.

54- علم الحوار الإسلامى : كتاب المجلة العربية العدد412 الرياض 2011 .

55- الطب النفسى فى الحضارة الإسلامية "تنظير وتأسيس وإبداع" : الطبعة الأولى المكتب الجامعى الحديث ، الإسكندرية2011.

56- دور الحضارة الإسلامية فى حفظ تراث الحضارة اليونانية (4) روفس الأفسسى ، إعادة اكتشاف لمؤلفات مفقودة . : الطبعة الأولى ، المكتب الجامعى الحديث ، الإسكندرية 2011.

57- دور الحضارة الإسلامية.فى حفظ تراث الحضارة اليونانية (5) ديسقوريدس ، إعادة اكتشاف لمؤلفات مفقودة. : الطبعة الأولى ، المكتب الجامعى الحديث ، الإسكندرية 2011.

58- الجوانية، دراسة فى فكر : الطبعة الأولى ، المكتب الجامعى الحديث ،

عثمان أمين | الإسكندرية 2011.

59- طب الباطنة في الحضارة الإسلامية "تأسيس وتأصيل" : الطبعة الأولى ، الطبعة الاولى، المكتب الجامعى الحديث، الإسكندرية 2012.

60- أسس النهضة العلمية فى الاسلام : الطبعة الأولى، دار الوفاء، الاسكندرية 2012.

61- مبادئ النظام السياسى فى الاسلام "تأصيل وتفكير" : الطبعة الاولى، المكتب الجامعى الحديث، الاسكندرية 2012.

62- طب الأسنان فى الحضارة الإسلامية "إبداع ممتد إلى العلم الحديث" : الطبعة الاولى، المكتب الجامعى الحديث، الاسكندرية 2012.

63- أسس العلوم الحديثة فى الحضارة الاسلامية : الطبعة الاولى، دار الوفاء، الاسكندرية 2012. الطبعة الثانية الرياض 2013.

64- موسوعة الحاوى فى الطب للرازى: (دراسة وتحقيق)، ستين "60" جزءا فى عشر "10" مجلدات : الطبعة الأولى، دار الوفاء ، الاسكندرية 3013.

65- هجرة العقول والكفاءات معادلة حضارية : مشاركة فى كتاب "المعطيات الحضارية لهجرة الكفاءات"، سلسلة كتاب الأمة، العدد 156، رجب 1434هـ، مايو 2013، إدارة البحوث والدراسات، قطر.

66- تراث المسلمين العلمى تأصيل واستشراف : الطبعة الأولى، دار الوفاء ، الاسكندرية 2014.

67- الحضارة الإسلامية فى الخليج العربى تأصيل وإحياء : الطبعة الأولى دار الكتب والدراسات العربية، الإسكندرية 2015.

68- حضارة منهوية :الطبعة الأولى دار الوفاء للطباعة والنشر، الإسكندرية 2015.

70- عندما نطق العلم بالعربية- ماذا أفاد العالم من المسلمين :الطبعة الأولى دار الكتب والدراسات العربية، الإسكندرية 2016.

71- علوم الإسلام إبداعات واكتشافات مغتصبة. :الطبعة الأولى معهد الشارقة للتراث، الشارقة2016.

72- علم الكحالة الإسلامى أسس طب العيون الحديث الطبعة الأولى دار الوفاء للطباعة والنشر، الإسكندرية2017.

73- علوم الفيزياء التطبيقية والهندسة الميكانيكية فى التراث والحضارة الإسلامية أسس العلم الحديث :الطبعة الأولى دار الوفاء للطباعة والنشر، الإسكندرية2017.



مع تحيات
دار الوفاء لدنيا الطباعة الإسكندرية
تليفاكس: 03_5404480